



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑧ EP 0 317 936 B1

⑩ DE 38 50 354 T 2

⑤ Int. Cl.⁵:
F 16 H 61/02

②1	Deutsches Aktenzeichen:	38 50 354.9
⑧6	Europäisches Aktenzeichen:	88 119 356.9
⑧6	Europäischer Anmeldetag:	21. 11. 88
⑧7	Erstveröffentlichung durch das EPA:	31. 5. 89
⑧7	Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	22. 6. 94
④7	Veröffentlichungstag im Patentblatt:	6. 10. 94

DE 3850354 T 2

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1

25.11.87 US 125121

⑦3 Patentinhaber:

BTR Engineering (Australia) Ltd., Fairfield, Neu Süd
Wales, AU

⑦4 Vertreter:

Strehl, P., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.;
Schübel-Hopf, U., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Groening,
H., Dipl.-Ing.; Lang, G., Dipl.-Phys.; Rasch, M.,
Dipl.-Ing. Univ.; Frhr. von Brandis, H.,
Dipl.-Phys.Univ., Pat.-Anwälte, 80538 München

⑧4 Benannte Vertragstaaten:

DE, GB, IT

⑦2 Erfinder:

Wilfinger, Erich L., Livonia Michigan, US; Polomski,
Ronald J., Pinckney Michigan, US; Firth, Darren L.,
Baulkham Hills New South Wales, AU

⑤4 Elektro-hydraulische Steuerung für ein automatisches Getriebe.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 3850354 T 2

EP 88 119 356.9

ELEKTRO-HYDRAULISCHE STEUERUNG FÜR EIN AUTOMATISCHES GETRIEBE

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Steuersystem für das automatische Getriebe eines Fahrzeugs mit einem Motor und insbesondere ein Steuersystem für ein automatisches Getriebe, das in der Lage ist, zwischen den einzelnen Übersetzungsverhältnissen einen weichen, guten Übergang zu ermöglichen.

Hintergrund der Erfindung

Das typische automatische Getriebe für ein Fahrzeug umfaßt einen Zahnradmechanismus, der so beschaffen ist, daß er zwischen seiner Eingangswelle, die mit der Kurbelwelle eines Motors verbunden werden kann, und seiner Ausgangswelle eines von mehreren Vorwärts-Übersetzungsverhältnissen herstellen kann. Automatikgetriebe sind gewöhnlich mit einer Anzahl von Reibungs-Eingriffs-Vorrichtungen ausgestattet, die den Rotationszustand von verschiedenen Elementen des Zahnradmechanismus steuern und damit das gewünschte Vorwärts-Übersetzungsverhältnis herstellen. Solche Reibungs-Eingriffs-Elemente schließen typischerweise hydraulisch betätigte Kupplungen und Bremsen ein.

Zur Auswahl des gewünschten Vorwärts-Übersetzungsverhältnisses weisen die Automatikgetriebe gewöhnlich ein Steuersystem auf. Das Steuersystem umfaßt meist eine Anzahl von Schiebventilen zum selektiven Verbinden und Trennen verschiedener hydraulischer Kreise mit einer Quelle hydraulischen Drucks in der Art, daß selektiv eines oder mehrere der Reibungselemente betätigt werden. Die Vorwärts-Übersetzungsverhältnisse werden gemäß den vorliegenden Werten für die Betriebsparameter des

Fahrzeugs und durch ein oder mehrere herkömmlich vorgegebene Schaltdiagramme automatisch ausgewählt.

Um Schaltrucke beim Gangwechsel oder Schalten zu vermeiden, ist eine besonders sorgfältige Steuerung der Zeiten und des Betriebs für das Eingreifen und Lösen solcher Reibungs-Eingriffs-Vorrichtungen erforderlich. Wenn der Betrieb der Reibungs-Eingriffs-Vorrichtungen, die am Schaltvorgang beteiligt sind, nicht sorgfältig koordiniert wird, kann im Antriebsstrang ein unangenehmer Schaltruck erzeugt werden. Solche Rucke beim Schalten setzen den Komfort bei der Fahrzeugbenutzung und die Fahreigenschaften des Fahrzeugs herab. Darüberhinaus können diese Rucke im Antriebsstrang die Lebensdauer des Getriebes, dessen Haltbarkeit und Zuverlässigkeit verringern.

Aus der GB-A-2 062 782 ist ein Automatikgetriebe für ein Fahrzeug mit einer Quelle für eine Betriebsflüssigkeit, einem Leitungssystem, das die Quelle der Betriebsflüssigkeit einzeln mit jeder aus einer Anzahl von Kupplungen verbindet, und einem magnetisch betätigten Gangwechselventil für jede Kupplung bekannt. Jedem der Gangwechselventile sind zwei Umschaltventile zugeordnet, um das Gangwechselventil bei Betätigung der jeweiligen Kupplung mit einem Druckaufbau-Regelventil oder alternativ mit einem Druckabfall-Regelventil zu verbinden. Die Druckregelventile dienen dazu, daß beim Eingreifen der Kupplungen der Druck gesteuert aufgebaut wird, bzw. daß beim Lösen oder Freigeben der Kupplungen der Druck gesteuert abfällt. Die Druckregelventile werden durch eine elektronische Steuereinheit gesteuert, wobei der Ausgangsdruck der Druckregelventile proportional zu dem daran angelegten Steuerstrom ist. Einzelheiten der Steuerung sind dem Dokument nicht zu entnehmen.

Zusammenfassung der Erfindung

Entsprechend wird mit der vorliegenden Erfindung ein Steuersystem für ein Schonganggetriebe für einen Heckantrieb

geschaffen. Das Getriebe weist eine herkömmliche mechanische Anordnung auf, die von einem neuartigen, auf einem Mikroprozessor basierenden Steuersystem angesteuert wird, das Eingangssignale einer Anzahl von Fahrzeugsensoren verwendet, um alle Aspekte der Schaltqualität und des Schaltschemas zu berücksichtigen. Das erfindungsgemäße Steuersystem ergibt eine verbesserte Getriebe-Leistungsfähigkeit in einem kompakten Raum, und die Steuerung ist wesentlich flexibler als die bekannten Konstruktionen.

Die bevorzugte Form des Getriebes umfaßt einen Getriebezug, dessen Zustand durch vier Kupplungsvorrichtungen, zwei Bänder oder Bremsen und zwei Freilauf- oder Einwegkupplungen eingestellt wird. Das Getriebe kann auch eine Sperrkupplung aufweisen. Die Kupplungsvorrichtungen und Bänder arbeiten in Verbindung mit den rotierenden Getriebeelementen des Getriebezuges auf die herkömmliche Weise. Eine Reihe von sechs Eingangssensoren erfaßt die gegenwärtigen Fahrzeugs-Betriebsdaten für eine elektronische Steuereinheit, die für die Schaltqualität sorgt und zwei unabhängige Schaltschemas steuert. Die elektronische Steuereinheit steuert über sieben elektromagnetische Betätigungselemente einen hydraulischen Ventilblock an. Sechs der sieben Betätigungselemente sind EIN/AUS-Magnetschalter. Diese EIN/AUS-Magnetschalter werden dazu verwendet, eine Reihe von Schaltventilen zu betätigen, die in einem Hydraulikkreis angeordnet sind, der eine Quelle für hydraulische Druckflüssigkeit mit jedem der Reibungs-Eingriffs-Elemente verbindet. Zwei der EIN/AUS-Magnetschalter werden dazu verwendet, zwei Druckregler zu betätigen, die zu der neuartigen Schaltqualität der vorliegenden Erfindung beitragen. Das siebente Betätigungselement ist ein Proportional- oder Druckänderungs-Magnetschalter, dessen Ausgang mit drei hydraulischen Druckreglern gemultiplext wird, um alle Hochschaltvorgänge, alle Herunterschaltvorgänge und Sperrkupplungsbetätigungen zu steuern, während gleichzeitig eine Redundanz

besteht, die die Zuverlässigkeit der vorliegenden Erfindung bei kommerzieller Anwendung sicherstellt.

Im Gegensatz zu herkömmlichen hydraulischen oder "teilweise" hydraulischen Elektronikeinheiten ist die Steuerlogik der vorliegenden Erfindung fast vollständig in programmierbarer Software enthalten. Der Steuerventilblock wurde auf eine einfache Hydraulikansteuerung reduziert. Folglich werden zwölf Ventile und zwei Druckspeicher überflüssig. Neben der verbesserten Steuermöglichkeit bietet dies den zusätzlichen Vorteil der verringerten Bauteilgröße, des verringerten Bauteilgewichts und der verringerten Pumpengröße. In der Software ist die Möglichkeit der Steuerung aller Schaltschemas und Schaltqualitätsaspekte mit einem vollen Temperatúrausgleich der letzteren enthalten.

In der bevorzugten Form kann der erfindungsgemäße Ventilblock enthalten: Leitungsruckregler; Magnetschalterzuführdruckregler; Bandzuführdruckregler; Kupplungszuführdruckregler; ein 4/3-Abfolgeventil; vier Schaltventile; ein manuelles Ventil und die sieben oben erwähnten Magnetschalter. Da dieses Getriebe des weiteren eine Sperrkupplung aufweist, kann der Ventilblock entsprechend noch umfassen: Einen Sperrkupplungsregler und Ventile zum Steuern des Flusses an Betätigungsflüssigkeit zum Sperrkupplungsregler. Alle Hochschaltvorgänge erfolgen durch gleichzeitiges Ändern des Zustandes eines oder mehrerer der Schaltventile; des Band- und/oder Kupplungsregelventils und das Durchlaufenlassen des Druckänderungsmagnetschalters durch ein programmierbares Profil zum Ansteuern der Band- und/oder Regelventile. Ein solches programmierbares Profil für das Druckänderungsventil ermöglicht bei der Formung des Druckausgangs des Magnetschalters mehr Flexibilität und daher mehr Effektivität der jeweiligen Reibungseinheit. Die Schaltung oder der Vorgang wird dadurch beendet, daß der Zustand des Band- und/oder des Kupplungsreglers gleichzeitig mit dem Übergehen des Druckänderungs-

magnetschalters auf den Maximaldruck erneut geändert wird. Alle Herunterschaltvorgänge werden durch gleichzeitiges Umschalten oder Ändern des gegenwärtigen Zustandes des betreffenden Band- oder Kupplungsregelventils und Durchlaufenlassen des Druckänderungsmagnetschalters durch eine programmierbare Rampenfunktion ausgeführt. Der Vorgang oder die Schaltung wird dadurch beendet, daß gleichzeitig der Zustand des betreffenden Regelventils umgeschaltet wird, das Schaltventil umgeschaltet wird und der Druckänderungsmagnetschalter auf den Maximaldruck gesetzt wird. Durch das Einstellen des Druckänderungsmagnetschalters auf den Maximaldruck wird eine Redundanz erhalten, die die Ausführung des Vorganges oder der Schaltung sicherstellt. Im hydraulischen Sinne ist ein solches Steuersystem ein "hartes" System. Durch die hydromechanischen Betätigungselemente ist zwar eine gewisse Nachgiebigkeit vorhanden, es sind jedoch keine Druckspeicher vorgesehen, um Überdrücke zu absorbieren und Zyklen zu begrenzen.

Hauptaufgabe der Erfindung ist es daher, ein Steuersystem für ein automatisches Getriebe zu schaffen, das ein Verfahren zum Steuern des Schaltgefühles oder der Schaltqualität ohne Verwendung von Druckspeichern ermöglicht.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Steuersystem für ein automatisches Getriebe zu schaffen, das durch eine unabhängige Ausführung jedes Schaltvorganges mittels verschiedener Betätigungselemente, die eine Reihe von Schaltventilen und Regelventilen steuern, eine verbesserte Steuerung ermöglicht.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Steuersystem für ein automatisches Getriebe zu schaffen, das in der Lage ist, Druckverläufe und -dauern mittels Software anstelle einer Modifikation der Ventilblock-Hardware zu formen.

Wieder eine andere Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung eines automatischen Steuersystems, das eine Unabhängigkeit zwischen einer Leitungsdrucksteuerung und einer Schalt-

qualitätssteuerung ermöglicht.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Steuersystem für ein automatisches Getriebe zu schaffen, das aufgrund des Fehlens von Öffnungen und durch die Verwendung eines EIN/AUS-Magnetschalters zum Erhöhen des Leitungsdrucks zuverlässiger ist und doch eine verringerte Größe und ein verringertes Gewicht aufweist.

Genaue Beschreibung der Zeichnung

Anhand der Zeichnung, in der in den verschiedenen Ansichten die gleichen Bezugszeichen die gleichen Teile bezeichnen, erfolgt nun eine Darstellung und genaue Beschreibung des erfindungsgemäßen Steuersystems, um es dem Fachmann zu ermöglichen, die Funktion, den Betrieb, den Aufbau und die Vorteile davon zu verstehen, wenn sie in Verbindung mit der anliegenden Zeichnung gelesen wird. Es ist:

Fig. 1 eine schematische Ansicht der Umgebung, in der die vorliegende Erfindung angewendet werden kann;

Fig. 2 ein Längsschnitt durch einen Getriebemechanismus, bei dem das Steuersystem der vorliegenden Erfindung Verwendung finden soll;

Fig. 3 ein Längsschnitt durch einen der Betätigungsmechanismen für das Getriebe;

Fig. 4 ein Längsschnitt durch einen anderen Betätigungsmechanismus für das Getriebe;

Fig. 5 eine schematische Darstellung für die Kombination der Fig. 6, 7, 8, 9 und 10, die das erfindungsgemäße Steuersystem zeigen;

Fig. 11 zeigt bildhaft die erfindungsgemäße Steuerstrategie;

Fig. 12 einen einfachen Systemüberblick über die verschiedenen Softwareprogramme, die im erfindungsgemäßen Steuersystem enthalten sind;

Fig. 13 ist ein Flußdiagramm für das Rampenprogramm, das

von der elektronischen Steuereinheit der vorliegenden Erfindung ausgeführt wird;

Fig. 14 zeigt schematisch die Rolle, die ein Schalt-Überprüfzeitgebermodul gemäß der Erfindung spielt;

Fig. 15 schematisch einen typischen Druckverlauf für einen Druckänderungsmagnetschalter bei der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 16 schematisch verschiedene Positionen eines manuellen Ventils bei der vorliegenden Erfindung.

Genaue Beschreibung der vorliegenden Erfindung

In der Zeichnung, in der in den verschiedenen Ansichten gleiche Bezugszeichen auch gleiche Teile bezeichnen, ist in der Fig. 1 schematisch der Antriebsstrang eines Fahrzeugs gezeigt. Der Antriebsstrang umfaßt einen Verbrennungsmotor 10 mit einem herkömmlichen elektrischen Zündzeitpunktssystem und mit einem Vergaser 12 mit einem auf einer Welle befestigten Ventil 14, um die in den Vergaser aufgenommene Luftmenge zu steuern. Das heißt, daß sich das Ventil 14 um Grade öffnet und sich um die Achse einer Welle 15 dreht, die im Vergaser angebracht ist, in dem sich ein Ansaugkrümmervakuum entwickelt. Über eine geeignete Kraftübertragungs- oder Verbindungseinrichtung 18 ist mit dem Ventil 14 ein von einem Bediener gesteuertes Betätigungselement 16 verbunden. Mit dem Motor 10 verbunden und davon angetrieben ist ein Getriebesystem 20, das so eingestellt werden kann, daß das Fahrzeug entweder in der Vorwärts- oder in der Rückwärtsrichtung angetrieben wird. Das Getriebesystem beinhaltet ein Planetengetriebe 22 mit modularem Aufbau und einem Gehäuse 24 mit einem Planeten-Getriebezug 21 (Fig. 2), der eine Anzahl von Betriebszuständen einnehmen kann. Bei der bevorzugten Ausführungsform ist das Getriebe in der Lage, an der Getriebeausgangswelle 26 vier Vorwärts- und eine Rückswärtsgeschwindigkeit zu erzeugen.

Gemäß der schematischen Darstellung des Getriebesystems in der Fig. 2 verbindet ein herkömmlicher Drehmomentwandler 28, der eine Sperrkupplung 30 aufweist, die Eingangswelle 32 des Getriebes 22 mit der Kurbelwelle 34 des Motors 10. Wie es üblich ist, besitzt die Sperrkupplung 30 eine Anlegekammer 31 und eine Freigabekammer 33 (Fig. 7). Der Drehmomentwandler 28 umfaßt ein Pump- oder Flügelradelement 36, das vom Motor 10 angetrieben wird. Der Drehmomentwandler umfaßt auch ein Turbinenelement 38, das mit der Eingangswelle 32 des Getriebes verbunden ist. Ein Stator oder Reaktionselement 40 ist im Drehmomentwandler zwischen dem Turbinenelement 38 und dem Flügelrad 36 angeordnet. Über eine Freilaufkupplung 44 ist der Stator an einem inneren Gehäuse 42 des Getriebegehäuses befestigt. Die Freilaufkupplung hält den Stator fest, wenn die Turbine vom Flügelrad angetrieben wird, bevor die Kuppelgeschwindigkeit im Wandler erreicht wird, bei der sich der Stator mit dem Flügelrad und der Turbine dreht.

Bei der bevorzugten Ausführungsform wird im Getriebe 22 ein Planeten-Getriebezug 21 des Ravigneaux-Typs verwendet, um vier Vorwärts- und ein Rückwärts-Übersetzungsverhältnis zu erhalten, wenn bestimmte Zahnräder oder Kombinationen von Zahnrädern festgehalten oder angetrieben werden. Die in der Fig. 2 gezeigte und beschriebene Planetengetriebeanordnung kann im Aufbau der im US-Patent 3 165 946, ausgegeben an R.W. Wayman am 19. Januar 1965, das in seiner Gesamtheit durch Bezugnahme hier eingeschlossen wird, beschriebenen Planetengetriebeanordnung ähnlich sein. Für eine genauere Beschreibung des Getriebeaufbaus kann der Bezug darauf erfolgen. Es reicht hier aus zu sagen, daß der gezeigte und derzeit bevorzugte Getriebezug aus einer Reihe von kämmenden rotierenden Elementen besteht, die ein primäres Sonnenrad 50, das auf einer drehbaren hohlen Welle 52 befestigt ist, ein sekundäres Sonnenrad 54, das auf einer Trommel 56 befestigt ist, primäre und sekundäre Ritzel 58 und 60, die auf einem gemeinsamen Ritzel-

träger 62 angeordnet sind, der seinerseits an einer drehbaren Zwischenwelle 64 befestigt ist, und ein inneres Hohlrad 66 umfassen, das an der Getriebe-Ausgangswelle 26 befestigt ist. Wie üblich sind die Planetenräder 58 und 60 in der Lage, gleichzeitig eine Drehung und einen Umlauf auszuführen, während sie mit dem innen gezahnten Zahnrad 66 und den Sonnenrädern 50 und 54 in Eingriff stehen. Ersichtlich hängt die Leistungsübertragung durch das Getriebe für die verschiedenen Betriebszustände oder Übersetzungsverhältnisse von der Kombination an festgehaltenen Zahnrädern während des Antriebs ab.

Um einige Zahnräder oder eine Kombination von Zahnrädern im Getriebezug festzuhalten, während andere Zahnräder angetrieben werden, um eine Bewegung und über das Getriebe ein Übersetzungsverhältnis zu erzeugen, ist eine Reihe von hydraulisch betätigten Eingriffseinrichtungen mit Kupplungen und Bändern vorgesehen. Die derzeit bevorzugte Ausführungsform umfaßt vier Kupplungsanordnungen, zwei Bänder und zwei Freilauf- oder Einwegkupplungen. Alle diese Elemente sind so bemessen, daß sie eine geringe Schaltenergie benötigen und eine hohe statische Kapazität haben, wenn sie mit Ölen mit niedrigem Statikkoeffizienten verwendet werden. Eine Mehrscheibenkupplung C1 (Kupplung für den 3. und 4. Gang) verbindet die von der Turbine 38 angetriebene Getriebe-Eingangswelle 32 mit der Zwischenwelle 64. Hydraulikdruck sorgt für das Anlegen der Kupplung. Wenn die Kupplung C1 angelegt ist oder angreift, ist der Ritzelträger 62 starr mit der Getriebe-Eingangswelle 32 verbunden. Eine andere, hydraulisch betätigte Mehrscheibenkupplung C4 (Freilaufkupplung) verbindet die Getriebe-Eingangswelle 32 mit der hohlen Welle 52, die teleskopisch um die Zwischenwelle 64 angeordnet ist. Wenn die Kupplung C4 angelegt ist oder angreift, ist das primäre Sonnenrad 50 starr mit der Getriebe-Eingangswelle 32 verbunden. Das Getriebe umfaßt des weiteren eine hydraulisch betätigte Kupplung C2 (Vorwärtsgangkupplung). Auf die herkömmliche Weise

dient die Kupplung C2 dazu, die Getriebewelle 32 intermittierend über ein Freilaufkupplungs-Halteelement 63 mit der hohlen Welle 52 zu verbinden. Eine weitere hydraulisch betätigte Kupplung C3 (Rückwärtsgangkupplung) ist zwischen der Getriebe-Eingangswelle 32 und dem zweiten Sonnenrad 54 angeordnet. Wenn die Kupplung C3 angelegt ist oder angreift, ist das zweite Sonnenrad 54 starr mit der Getriebe-Eingangswelle 32 verbunden.

In dem Getriebe sind auch Bremsen oder Bänder B1 und B2 vorgesehen. Wie bekannt, arbeiten die Bremsen B1 und B2 unter dem Einfluß von unabhängigen Servoelementen oder Steuerkolben 69 und 71 (Fig. 3 und 4). Jedes Servoelement besitzt einen Zweibereichsaufbau, der ohne zusätzliche Regelventile bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten glatte Übersprungschaltungen ermöglicht. Auf den Servokolben einwirkender Hydraulikdruck legt die Bremse an. Wie im folgenden beschrieben, weist jedes Servoelement eine Freigabefeder auf, die die Rückkehr des Kolbens unterstützt, wenn der Hydraulikdruck vom Servoelement genommen wird. Wenn es angelegt ist, verankert das Band B1 (das Band für den 2. und 4. Gang) durch Abbremsen der Trommel 56, an der das Sonnenrad 54 befestigt ist, das sekundäre Sonnenrad 54. Wenn das Band B2 (das Rückwärtsband) angelegt ist, verankert es den Ritzelträger 62 am Getriebegehäuse 24. Es ist jedoch anzumerken, daß, obwohl der Ritzelträger 62 an der Drehung gehindert wird, sich die Ritzel 58 und 60 um ihre jeweiligen Achsen drehen können. Zwischen dem Planetenradträger 62 und dem Getriebegehäuse ist eine zweite Freilaufkupplung oder ein Halteelement 65 vorgesehen.

Der Servokolben 69 ist dafür vorgesehen, unter Hydraulikdruck zu arbeiten, und er bewirkt das Anlegen des Bandes B1 im zweiten und vierten Vorwärtsgang-Übersetzungsverhältnis. Wie am besten aus der Fig. 3 ersichtlich ist, weist das Servoelement 69 ein Gehäuse 70 mit einer relativ großen inneren Kammer 72, einer Abdeckung 73 und einer Bandanlege-Betätigungsstange

74 auf, die in einer Bohrung des Gehäuses gelagert und für eine axiale Verschiebung relativ zu dem Gehäuse vorgesehen ist. Ein ringförmiger Kolben 75 ist axial beweglich in der Kammer 72 angeordnet, er ist mit dem einen Ende der Betätigungsstange 74 verbunden. Der Kolben 75 ist so konstruiert, daß er zwischen ihm und der Abdeckung 73 wenigstens zwei unabhängige Fluidaufnahmekammern 76 und 78 festlegt. Die Kammern 72, 76 und 78 sind jeweils mit einer eigenen Fluidverbindungsleitung oder Zuführung verbunden. Das heißt, daß eine Öffnung 78 im Gehäuse 70 die Kammer 72 mit einer Fluidleitung verbindet, während eine andere Öffnung 79 im Gehäuse 70 die Kammer 76 mit einer anderen Fluidleitung verbindet. Die Kammer 77 steht über axiale und radiale Bohrungen 81 und 82 in der Verbindungsstange 74 mit einer weiteren Öffnungen 80 im Gehäuse 70 in Verbindung. Mit der Öffnung 80 ist eine eigene Fluidleitung verbunden. Geeignete elastische Elemente 83 und 84, vorzugsweise in der Form von Druckfedern, unterstützen die Rückkehr des Kolbens 75 in die gezeigte Ausgangsposition, wenn an jeder der Kammern 76 und 77 nur wenig oder kein Druck anliegt.

Wie der Servokolben 69 ist der Servokolben 71 dafür vorgesehen, unter Hydraulikdruck zu arbeiten, er bewirkt ein Anlegen des Bandes B2, wenn der Bediener den Rückwärtsgang wählt. Wie am besten aus der Fig. 4 ersichtlich ist, umfaßt der Servokolben 71 ein Gehäuse 85 mit einer inneren Kammer 86, einer Abdeckung 87 und einem ringförmigen Kolben 88. Der Kolben 88 ist relativ zum Gehäuse axial verschiebbar, und er ist mit einer Bandbetätigungsstange 89 verbunden. Der Kolben 88 ist so konstruiert, daß er zwischen sich und dem Gehäuse 85 wenigstens zwei unabhängige Fluidaufnahmekammern 90 und 91 festlegt. Jede der Kammern 90 und 91 ist mit einer eigenen Fluidverbindungsleitung oder Zuführung verbunden. Das heißt, daß eine Öffnung 92 im Gehäuse 85 die Kammer 90 mit einer Fluidleitung verbindet. Die andere Kammer 91 steht über eine

Öffnung 93 im Gehäuse 85 mit einer eigenen Fluidverbindungsleitung in Verbindung. Geeignete elastische Elemente 94, vorzugsweise in der Form einer Druckfeder, die zwischen dem Kolben 88 und der Abdeckung 87 angeordnet ist, dienen dazu, daß der Kolben 88 in seine Ausgangsposition zurückkehrt, wenn an der Kammer 90 und 91 ein geringer oder kein Druck anliegt. Geeignet angebrachte Öffnungen 95 in der Abdeckung 87 ermöglichen es, daß die Flüssigkeit abgeführt werden kann, die sich in der Kammer 86 ansammelt, ohne daß die Arbeit des Kolbens beeinträchtigt wird.

Bei dem beschriebenen Leistungsübertragungsmechanismus kann der Rotationszustand von jedem der rotierenden Elemente (50, 54, 58, 60 und 66) des Zahnradsatzes 21 durch Betätigung einer ausgewählten oder einer Kombination der Kupplungen C1, C2, C3 und C4, der Freilaufkupplungen 63 und 65 und der Bremsen B1 und B2 verändert werden. Ersichtlich ermöglicht es die Veränderung des Rotationszustandes von jedem der rotierenden Elemente, die Drehzahl der Getriebe-Ausgangswelle relativ zu der der Eingangswelle 32 zu ändern oder einzustellen. Die vier Vorwärts-Drehzahlverhältnisse und das eine Rückwärts-Drehzahlverhältnis werden erzeugt, wenn die Kupplungen C1, C2 und C3 und die Bremsen B1 und B2 in der Art betätigt werden, wie es in der folgenden Tabelle gezeigt ist:

GANG	ÜBERS:- VERH.	C1	C2	C3	C4	B1	B2	1-2 FLK	3-4 FLK	WANDLER- KUPPLUNG
1.	2.393		X					X	X	
2.	1.450		X		X	X				
3.	1.000	X	X		X				X	X
4.	0.677	X	X			X				X
RÜCKWÄRTS	2.094			X			X			
MANUELL 1.	2.393		X		X		X			

In der Tabelle bezeichnet ein "X" den Betätigungszustand einer Kupplung oder einer Bremse. Die Übersetzungsverhältnisse sind beispielhaft und als Verhältnis der Drehzahl der Eingangswelle 32 zu der der Ausgangswelle 26 angegeben. Ein "X" unter der 1-2 FLK und der 3-4 FLK bedeutet, daß aufgrund der Aktion der Freilaufkupplungen 63 und 65 das Schalten vom ersten zum zweiten und von dritten zum vierten Gang bewirkt wird. Das heißt, wenn das Getriebe im Fahrbereich arbeitet, wird durch Anlegen des Bandes B1 und durch Überlaufen der 1-2-Freilaufkupplung die Schaltung 1-2 bewerkstelligt. Die Schaltung 2-3 wird durch erneutes Anlegen des Bandes B1 und durch Überlaufen der 3-4-Freilaufkupplung bewerkstelligt. Die Kupplung C3 und das Band B2 werden angelegt, um eine Umkehrung zu bewirken. Die Kupplung C4 wird in den manuellen Bereichen 3, 2, 1 angelegt, um ein Auflaufbremsen zu ermöglichen. Die Kupplung C4 wird auch im Fahrbereich im zweiten und dritten Gang angelegt, um das unerwünschte "Freilauf"-Auslaufen zu vermindern. Im manuellen Bereich 1 kann das Band B2 angelegt werden, um eine Motorbremsung zu ermöglichen.

Das Planetengetriebe 22 wird durch ein elektrohydraulisches Steuersystem gesteuert, das auf Änderungen in den Fahrzeug-Betriebsbedingungen reagiert. Wie es genauer im folgenden noch beschrieben wird, steuert eine elektronische Steuereinheit zusammen mit hydraulischer Logik und Steuerventilen alle Gangwechsel und zwei unabhängige Schaltschema. Die elektronische Steuereinheit spricht auf Signale an, die die Betriebsbedingungen des Fahrzeuges anzeigen, und sie steuert über eine Anzahl von elektromagnetischen Betätigungselementen eine Anzahl von hydraulischen Ventilen an. Die Mehrheit dieser Betätigungselemente sind EIN/AUS-Magnetschalter, die dazu verwendet werden, um eine Reihe von Schaltventilen zu betreiben und um zwei Druckregler so zu steuern, daß das Schaltgefühl gesteuert wird. Wenigstens eines der Betätigungselemente ist ein Proportional-Magnetschalter, der in der Lage ist, ein Aus-

gangssignal mit variablem Druck zu entwickeln, das mit verschiedenen Druckreglern gemultiplext wird. Das Ausgangssignal mit variablem Druck steuert alle Hochschaltvorgänge, alle Herunterschaltvorgänge und, wenn vorgesehen, den Sperrkupplungsbetrieb.

Das derzeit bevorzugte erfindungsgemäße Hydrauliksystem umfaßt eine Pumpe 100, die vom Flügelrad 36 angetrieben wird und die in Reihe mit den folgenden Ventilen oder Steuerelementen angeordnet ist: Leitungsdruckregelventil 102; manuelles Ventil 106, Magnetschalterzuführregelventil 108; ein Schaltgefühlmodul 109 mit einem Bandanlegeregelventil 110 und einem Kupplungsanlegeregelventil 112, wobei die Ventile 110 und 112 durch ein Druckänderungs-Betätigungselement gesteuert werden; Wandlerkupplungsregelventil 114; Wandlerkupplungssteuerventil 116; und ein Schaltventilmodul mit einem 1/2-Schaltventil 118, einem 2/3-Schaltventil 120, einem 3/4-Schaltventil 122, einem 4/3-Abfolgeventil 124, einem Kupplungsvorspannungsventil 126 und einer Anzahl von Betätigungselementen.

Alle Hochschaltvorgänge werden durch gleichzeitiges Umschalten von einem oder mehreren der Schaltventile, den Band- und/oder Kupplungsanlegeregelventilen und dem Durchlaufenlassen des Druckänderungs-Betätigungselementes durch ein programmierbares Profil ausgeführt. Die Schaltung oder der Vorgang wird dadurch beendet, daß die Regelventile den Zustand ändern und das Druckänderungs-Betätigungselement auf den maximalen Druck gesetzt wird. Alle Herunterschaltvorgänge werden durch gleichzeitiges Schalten von einem oder beiden Regelventilen und dem Durchlaufenlassen des Druckänderungs-Betätigungselementes durch ein programmierbares laufendes Profil ausgeführt. Das Herunterschalten wird durch das gleichzeitige Umschalten der Regelventile in die entgegengesetzten Zustände, das Umschalten des Schaltventiles und das Einstellen des Druckänderungs-Betätigungselementes auf den maximalen Druck beendet.

Wie am besten in der Fig. 6 gezeigt ist, wird dem Hydrauliksystem von der Ölpumpe 100 des Getriebes Öl zugeführt, das vom Leitungsdruckregelventil 102 geregelt wird. Die Pumpe 100 ist eine herkömmliche feste Verdrängerpumpe des Zahnradtyps, die über einen Pumpenansaugkreis, der von einer Leitung 121 gebildet wird, Flüssigkeit aus einem Behälter 119 ansaugt. Ein durch eine Leitung 123 gebildeter Leitungsdruckkreis verbindet den Regler oder das Regelventil 102 mit dem manuellen Ventil 106 (Fig. 8) und dem Magnetschalterzuführregelventil 108. Ein durch eine Leitung 125 gebildeter Wandlerzuführkreis verbindet ebenfalls das Regelventil 102 mit dem Wandlerkupplungssteuerventil 116 (Fig. 7). Das Leitungsdruckregelventil 102 ist jedoch so konstruiert, daß es die Zuführung von Öl zum Wandlerkupplungssteuerventil beschränkt oder beendet, wenn der Ölbedarf im Leitungsdruckkreis 123 noch nicht voll erfüllt ist. Gleichermäßen erlaubt es das Leitungsdruckregelventil 102 nicht, daß Öl zum Pumpenansaugkreis 121 fließt, bis der Bedarf des Wandlerkupplungssteuerventils 116 vollständig erfüllt ist.

Das Leitungsdruckregelventil 102 weist eine Reihe von Öffnungen 127, 128, 129, 130, 131, 132 und 133 einschließlich Abgabeöffnungen X1 und X2 auf. Das Ventil 102 umfaßt ferner einen hin- und hergehend angeordneten Steuerkolben 134. Der Steuerkolben 134 besitzt eine Reihe von Vorsprüngen 135, 136, 137, 138 und 139 mit ringförmigen Nuten 140, 141, 142 und 143 zwischen den Vorsprüngen. Es ist ersichtlich, daß die Querschnittsfläche des Vorsprungs 137 größer ist als die von 136. Auch ist die Querschnittsfläche des Vorsprungs 136 größer als die des Vorsprungs 135. Wie ersichtlich, ist der vom Ventil 102 dem Leitungsdruckkreis 123 über die Öffnung 130 zugeführte regulierte Leitungsdruck durch die differentielle Aktion zwischen einer Vorspannkraft, die bei der bevorzugten Ausführungsform durch eine Vorspannfeder 144 erzeugt wird, die auf ein Ende des Steuerkolbens 134 einwirkt, und die auf den Steuerkolben 134 einwirkenden Fluidkräfte bestimmt. Die Öff-

nung 132 des Ventils 102 öffnet sich zu einer sich axial erstreckenden Bohrung 147 im Steuerkolben 134 gegenüber der Feder 145. Wie im folgenden beschrieben, öffnet sich die Öffnung 128 des Ventils 102 zu einer Leitung 148, die einen Rückkreis festlegt. Das andere Ende des Rückkreises 148 öffnet sich zu der Kupplung C3 und der Kammer 90 des B2-Bandes 71. Die Öffnung 133 öffnet sich zu einem 3.-Gang-Kreis, der von der Leitung 150 gebildet wird. Die Öffnung 132 des Ventils 102 ermöglicht eine Verbindung zwischen der Bohrung 147 und einem Betätigungselement 146, das von einem EIN/AUS-Magnetschalter gesteuert wird. Falls gewünscht, kann der Druck im Leitungsdruckkreis 123 durch Anlegen des Fluid-Ausgangssignales des Betätigungselementes 146 an den Steuerkolben 134 moduliert werden.

Wie oben angegeben, wird die Flüssigkeit über den Leitungsdruckkreis 123 mit einem regulierten Leitungsdruck zu dem Magnetschalterzuführregelventil 108 geliefert. Der Zweck des Magnetschalterzuführventils 108 ist es, die Flüssigkeit mit einem konstanten Druck über eine Zuführleitung 152 zu jedem der verschiedenen elektromagnetischen Betätigungselemente zu liefern, die sich im hydraulischen System befinden. Der Abgabedruck des Magnetschalterzuführregelventils 108 wird auch dazu verwendet, um für viele der Schaltventile im hydraulischen System den Verschiebeimpuls zu erzeugen.

Das Magnetschalterzuführventil 108 ist mit einer Anzahl von Anschlüssen 154, 156, 158 und einer Abgabeöffnung X3 versehen. Das Ventil 108 beinhaltet auch einen hin- und hergehend angeordneten Steuerkolben 160 mit Vorsprüngen 155, 157 und 159 mit ringförmigen Nuten 161 und 163 dazwischen. Der Leitungsdruck vom Ventil 102 wird auf den Anschluß 158 des Ventils 108 gegeben, um auf das eine Ende des Steuerkolbens 160 einzuwirken. Ein Druckbegrenzungsventil 162 begrenzt diesen Druck und erzeugt so den erwünschten Druck auf den Steuerkolben 160. Die Anschlüsse 154 und 156 sind verbunden, um einen Magnetschal-

terzuführ-Rückkoppeldruckkreis zu bilden, der einen Druck aufweist, der gleich dem durch das Regulierventil 162 gelieferten Druck ist, um auf das andere Ende des Steuerkolbens einzuwirken und ein Gleichgewicht zu erreichen.

Gemäß Fig. 8 ist das manuelle Ventil 106 mit einem Steuerkolben 164 versehen, der manuell über einen Schalthebel 165 verschoben wird, der für den Bediener leicht erreichbar ist und der folgende Schaltpositionen aufweist: "P" für Parken (Getriebestellung neutral); "R" für Rückwärts (Kupplung C3 und Band B2 angelegt); "N" für Neutral (keine Antriebselemente im Eingriff); "D" für Fahrt (die Kupplungen und Bremsen werden abwechselnd angelegt, um automatisch die einzelnen Vorwärts-Übersetzungsverhältnisse wie im folgenden noch beschrieben zu erhalten); "3" für automatisches Herauf- und Herunterschalten zwischen dem ersten, zweiten und dritten Vorwärtsgang; "2" für automatisches Herauf- und Herunterschalten zwischen dem ersten und zweiten Gang und "1" für langsame Fahrt, bei der kein automatisches Hochschalten stattfindet. In den jeweiligen Schaltpositionen dient das manuelle Ventil 106 dazu, die regulierte Druckflüssigkeit im Leitungsdruckkreis 123 mit einem von drei verschiedenen Kreisen oder Leitungen einschließlich dem Rückwärts-, Fahrt- und Langsamkreis zu verbinden, die vom Ventil 106 wegführen. Wie am besten aus der Fig. 16 hervorgeht, kann das Ventil 106 in vier verschiedene Betriebszustände gebracht werden. Die vier Betriebszustände des Ventils 106 sind 1.) ein "blockierter" Zustand, in denen die Park- und Neutralpositionen erhalten werden; 2.) ein "Rückwärts"-Zustand, um den Rückwärtsbetrieb zu bewirken; 3.) ein "Fahrt"-Zustand, um das Einlegen der Vorwärtsgänge zu bewirken; und 4.) ein "Langsam"-Zustand, in dem das Getriebe nur im ersten Vorwärtsgang arbeitet.

Das manuelle Ventil 106 besitzt eine Anzahl von Anschlüssen wie die Anschlüsse 165, 166, 167, 168, 169 und 170 und den Abgabeanschluß X4. Der Steuerkolben 164 ist mit Vorsprüngen

172 und 174 versehen, zwischen denen eine ringförmige Nut 173 liegt. Der Anschluß 165 öffnet sich zum Rückwärtskreis 148. Die Anschlüsse 167 und 168 öffnen sich zum Fahrkreis, der von der Leitung 175 gebildet wird. Die Anschlüsse 169 und 170 öffnen sich zu einem Langsamkreis, der von der Leitung 177 gebildet wird.

Das 1/2-Schaltventil 118 stellt einen Teil der hydraulischen Logik dar, die mit der vorliegenden Erfindung verbunden ist. Wie in der Fig. 8 gezeigt ist, umfaßt das 1/2-Schaltventil 118 eine Anzahl von Anschlüssen 180, 182, 184, 185, 186, 188 und 189 und Abgabeanschlüsse X5, X6 und X7. Das Ventil 118 umfaßt auch einen hin- und hergehend angeordneten Steuerkolben 190 mit Vorsprüngen 192, 194, 196, 198 und 200 mit Ringnuten 193, 195 und 197 dazwischen. Die lineare Verschiebung des Steuerkolbens 190 wird durch den Flüssigkeitsdruck gesteuert, der dagegen wirkt. Es ist anzumerken, daß die Querschnittsfläche des Vorsprungs 200, der sich an dem einen Ende des Steuerkolbens 190 befindet, größer ist als die Querschnittsfläche des Vorsprungs 192 am anderen Ende des Steuerkolbens 190. Der Anschluß 180 des Ventils 118 öffnet sich zu dem Zuführkreis 152, der einen ersten Antrieb darstellt, um den Steuerkolben 190 in einer ersten axialen Richtung zu verschieben. Der Anschluß 182 des Ventils 118 öffnet sich zu einem Bandanlegezuführkreis, der von einer Leitung 202 gebildet wird. Der Anschluß 184 des Ventils 118 öffnet sich zu einem Abschnitt des Fahrkreises 175, der vom manuellen Ventil 106 wegführt. Der Anschluß 185 öffnet sich zu einem 2.-Gang-Kreis, der von einer Leitung 204 gebildet wird. Der Anschluß 186 öffnet sich zu einem Langsam-1.-Gang-Kreis, der von einer Leitung 206 gebildet wird. Das andere Ende des Langsam-1.-Kreises 206 öffnet sich zur Kupplung C4 und der Kammer 91 des Kolbens 71 für das Band B2. Der Anschluß 188 öffnet sich zu einem Abschnitt des Langsamkreises 177, der vom manuellen Ventil 106 wegführt. Der Anschluß 189 des Ventils 118 öffnet

sich zu einer Leitung 208, die die Flüssigkeit vom 2/3-Schaltventil 120 mit der vom 3/4-Schaltventil 122 verbindet.

Wie in der Fig. 8 gezeigt ist, ist das 2/3-Schaltventil 120 mit einer Anzahl von Anschlüssen 210, 212, 214 und 216 und mit Abgabeanschlüssen X8 und X9 versehen. Das Ventil 120 umfaßt des weiteren einen hin- und hergehend angeordneten Steuerkolben 218 mit Vorsprüngen 220, 223 und 224 und mit einer Ringnut 221 zwischen den Vorsprüngen 220 und 222. Es ist anzumerken, daß der Vorsprung 224 eine größere Querschnittsfläche hat wie der Vorsprung 220. Die Position des Steuerkolbens 218 wird durch die entgegengesetzt gerichteten Flüssigkeitsdrücke gesteuert, die auf den Steuerkolben 218 einwirken. Der Anschluß 21 öffnet sich zum Zuführkreis 152, der einen Antrieb erzeugt, um den Steuerkolben 218 in die eine Richtung zu verschieben. Das andere Ende des Steuerkolbens 218 ist dem Ausgangsdrucksignal eines elektromagnetischen Betätigungselementes 222 ausgesetzt, das durch einen EIN/AUS-Magnetschalter gesteuert wird. Über den Zuführkreis 152 wird die Flüssigkeit zu dem Betätigungselement 222 geführt. Der Anschluß 212 öffnet sich zu dem 2.-Gang-Kreis 204, der vom Anschluß 185 des 1/2-Schaltventiles 118 wegführt. Der Anschluß 214 öffnet sich zu dem 3.-Gang-Kreis, dessen eines Ende sich zum Anschluß 133 des Leitungsdruckregelventils 102 öffnet. Der Anschluß 216 öffnet sich zu einer Leitung 226, die die Flüssigkeit zu dem 1/2-Schaltventil 118 führt.

Das 3/4-Schaltventil 122 ist mit einer Anzahl von Anschlüssen 230, 232, 234, 236, 238, 240, 242, 244, 245 und mit Abgabeanschlüssen X10, X11 und X12 versehen. Das Ventil 122 umfaßt einen hin- und hergehend verschiebbaren Steuerkolben 246 mit Vorsprüngen 248, 250, 252, 254 und 256 mit Ringnuten 249, 252, 253 und 255 dazwischen. Es ist anzumerken, daß der Vorsprung 256 eine größere Querschnittsfläche hat wie der Vorsprung 248, der sich am anderen Ende des Steuerkolbens 246 befindet. Die lineare Position des Steuerkolbens 246 wird

durch die Flüssigkeitsdrücke gesteuert, die auf den Steuerkolben 246 einwirken. Der Anschluß 230 öffnet sich zum Zuführkreis 152, der einen Antrieb darstellt, um den Steuerkolben 246 in die eine Richtung zu verschieben. Das andere Ende der Spule 246 ist dem Ausgangsdrucksignal eines elektromagnetischen Betätigungselementes 260 ausgesetzt, das von einem EIN/AUS-Magnetschalter gesteuert wird. Die Flüssigkeit wird dem Betätigungselement 260 über den Zuführkreis 152 zugeführt. Der Anschluß 232 öffnet sich zu einem Abschnitt des Fahrkreises 175, der vom manuellen Ventil 106 wegführt. Der Anschluß 234 öffnet sich zu einem Freilaufkupplungskreis, der von einer Leitung 262 gebildet wird. Der Anschluß 236 öffnet sich zu einem Band-B1-Anlegekreis, der von einer Leitung 264 gebildet wird, deren anderes Ende sich zu der Kammer 77 (Fig. 3) des Kolbens 69 öffnet. Der Anschluß 238 öffnet sich zum Bandanlegezuführkreis 202. Das andere Ende des Bandanlegezuführkreises 202 öffnet sich zu der Kammer 76 (Fig. 3) des Kolbens 69. Der Anschluß 240 des Schaltventils 122 öffnet sich zu einer Leitung 266, deren anderes Ende zu dem 4/3-Abfolgeventil 124 führt. Der Anschluß 242 öffnet sich zu einem Band-B1-Freigabekreis, der von einer Leitung 268 gebildet wird, deren anderes Ende sich zu der Kammer 72 (Fig. 3) des Kolbens 69 öffnet. Der Anschluß 244 öffnet sich zu einer Leitung 270, die die Flüssigkeit zu dem 1/2-Schaltventil 118 führt.

Das in der Fig. 9 gezeigte 4/3-Abfolgeventil 124 stellt einen Teil der hydraulischen Logik dar, die mit dem Steuersystem verbunden ist. Das 4/3-Abfolgeventil 124 ist mit Anschlüssen 272, 274, 276, 278 und 280 versehen. Das Ventil 124 weist auch einen elastisch vorgespannten Steuerkolben 282 mit Vorsprüngen 284 und 286 mit einer Ringnut 285 dazwischen auf. Der Anschluß 272 öffnet sich zu einem Abschnitt des Kupplungsanlegezuführkreises, der von einer Leitung 288 gebildet wird. Der Kupplungsanlegezuführkreis 288 führt die Flüssigkeit zu dem einen Ende des Steuerkolbens 282, zu der einen Seite des

Vorsprungs 284, um eine lineare Bewegung des Steuerkolbens 282 gegen die Wirkung einer Vorspannfeder 287 zu bewirken. Der Anschluß 274 öffnet sich auch zu dem Kupplungsanlegezuführkreis 288. Wenn der Steuerkolben extrem verschoben ist, wirkt die Flüssigkeit vom Zuführkreis 288 gegen die Querschnittsfläche des Vorsprungs 284. Der Anschluß 276 öffnet sich zu der Leitung 266, die vom Anschluß 240 des Ventils 122 wegführt. Der Anschluß 278 öffnet sich zum 3.-Gang-Kreis 150, der vom Anschluß 214 des Ventil 120 wegführt. Der Anschluß 280 öffnet sich zum Band-B1-Freigabekreis 268, der vom Anschluß 242 des Ventils 122 wegführt.

Wie das Ventil 118 bestimmt auch das Kupplungsvorspannventil 126 die erfindungsgemäße hydraulische Logik. Das Ventil 126 dient dazu, eine Betätigung der hydraulischen Sperrkupplung außer im 3. oder 4. Gang zu verhindern. Das Kupplungsvorspannventil 126 ist mit Anschlüssen 289, 290, 292 und 294 und einem Abgabeanschluß X13 versehen. Das Ventil 126 weist auch einen hin- und hergehend angeordneten, elastisch vorgespannten Steuerkolben 296 mit Vorsprüngen 298, 300 und 302 mit Ringnuten 291 und 293 dazwischen auf. Die lineare Position des Steuerkolben 296 wird durch den dagegen wirkenden Flüssigkeitsdruck und den Einfluß einer Feder 304 gesteuert. Das eine Ende des Steuerkolbens 296 ist dem Fluiddruck im Kupplungsanlegezuführkreis 288 ausgesetzt. Der Kupplungsanlegezuführkreis 288 führt die Flüssigkeit zum Anschluß 289 des Ventils 126, um den Steuerkolben gemeinsam mit der Wirkung der Vorspannfeder 304 zu bewegen. Die Anschlüsse 290 und 294 des Ventils 118 öffnen sich zur Zuführleitung 152. Der Anschluß 294 öffnet sich zum anderen Ende des Steuerkolbens 296. Der Flüssigkeitsdruck in der Zuführleitung bewirkt eine lineare Kraft auf den Steuerkolben, die ihn in die andere Richtung wie die Feder 304 und der Druck aus dem Kupplungsanlegezuführkreis 288 drängt. Der Anschluß 292 des Ventils 118 öffnet sich zu einer Leitung 301, die zu dem Betätigungselement 332 führt und die dahin die

Flüssigkeit führt, wenn der Steuerkolben 296 dies ermöglicht.

Wie in der Fig. 7 gezeigt, ist das Wandlerkupplungssteuerventil 116 mit Anschlüssen 308, 310, 312, 314, 316 und 318 und Abgabean schlüssen X15 und X16 versehen. Das Ventil 116 umfaßt auch einen hin- und hergehend angeordneten Steuerkolben 320 mit Vorsprüngen 322, 324, 326, 328, 330 und 331 mit Ringnuten 323, 325, 327 und 329 dazwischen. Die lineare Position des Steuerkolbens 320 wird von den darauf einwirkenden Flüssigkeitsdrücken gesteuert. Gegen das eine Ende des Steuerkolbens wirkt der Flüssigkeitsdruck der Zuführleitung 152, um den Steuerkolben in axialer Richtung zu verschieben. Der Steuerkolben 320 ist des weiteren mit einem radialen Anschluß 319 versehen, der sich mit einer blinden axialen Bohrung 321 schneidet, die sich zu dem einen Ende des Steuerkolbens 320 öffnet. Das entgegengesetzte Ende des Steuerkolbens 320 kann dem Ausgangsdrucksignal eines elektromagnetischen Betätigungselementes 332 ausgesetzt sein, das von einem EIN/AUS-Magnet schalter gesteuert wird. Der Anschluß 308 des Ventils 116 öffnet sich zu einem Sperrkupplungsfreigabekreis, der von einer Leitung 334 gebildet wird. Das andere Ende des Sperrkupplungsfreigabekreises 334 öffnet sich zu der Freigabekammer 33 der Sperrkupplung 30. Der Anschluß 310 öffnet sich zum Wandlerzuführkreis 125, dessen entgegengesetztes Ende sich zum Anschluß 131 des Regelventils 102 öffnet. Der Anschluß 312 öffnet sich zu einem Kühlerkreis, der von einer Leitung 338 gebildet wird. Die Leitung 338 führt vom Anschluß 312 zu einer herkömmlichen Ölbehälter/Kühlervorrichtung 340. Der Anschluß 314 des Ventil 116 öffnet sich zu einem Sperrkupplungsanlegekreis, der von einer Leitung 342 gebildet wird. Das andere Ende des Sperrkupplungsanlegekreises 342 öffnet sich zu der Anlagekammer 31 der Sperrkupplung 30. Der Anschluß 316 öffnet sich zu einem Regleranlegezuführkreis, der von einer Leitung 344 gebildet wird. Der Anschluß 318 öffnet sich zu einer Flüssigkeitsleitung 346, die zum Wandlerkupplungsregelventil

114 führt. Aufgrund der neuartigen Steuerkolbenkonstruktion des Ventils 116 fließt die Flüssigkeit von der Zuführleitung vom Anschluß 318 in die axiale Bohrung 321 und den radialen Anschluß 319 und schließlich zum Wandlerkupplungsregelventil 114.

Wie in der Fig. 7 gezeigt, ist das Wandlerkupplungsregelventil 114 mit Anschlüssen 352 und 354 und einem Abgabeananschluß X17 versehen, der blockiert ist. Das Ventil 114 umfaßt auch einen hin- und hergehend angeordneten Steuerkolben 356 mit Vorsprüngen 358 und 360 an seinem äußeren Umfang und einer Ringnut 359 dazwischen. Der Steuerkolben 356 umfaßt auch einen oder mehrere radiale Anschlüsse 362, die sich mit einer axialen Blindbohrung 364 schneiden, die sich zu dem einen Ende des Steuerkolbens 356 öffnet. Der Anschluß 354 öffnet sich zu der Leitung 346, die Flüssigkeit von der Zuführleitung 152 zuführt. Die Flüssigkeit von der Zuführleitung 152 wirkt daher auf den Steuerkolben 356 ein und drängt in eine axiale Richtung. Der Anschluß 352 öffnet sich zum Regleranlegezuführkreis 344, der sich an seinem anderen Ende zum Anschluß 316 des Ventils 116 öffnet. Wie oben erwähnt, fließt die Flüssigkeit von der Zuführleitung durch die axiale Bohrung 321 und den radialen Anschluß 319 des Ventils 116, von wo sie zum Anschluß 354 des Ventils 114 abgegeben wird. Die Flüssigkeit aus der Zuführleitung fließt vom Anschluß 354 in den Anschluß 352, durch den Anschluß 362 und in die axiale Bohrung 364, um auf den Steuerkolben 356 eine Kraft auszuüben, die in die andere Richtung weist wie die am anderen Ende davon ausgeübte Kraft. Die auf das andere Ende der Steuerkolbens 356 ausgeübte Kraft wird durch den Flüssigkeitsdruck gebildet, der über einen Druckänderungskreis 400, der vom Schaltgefühlmodul 109 weggeführt, zum Ventil 114 geführt wird.

Wie in der Fig. 10 gezeigt, ist ein weiteres wesentliches Merkmal der vorliegenden Erfindung das Vorsehen des Schaltgefühlmoduls 109. Im Gegensatz zu anderen Systemen, die Druck-

speicher verwenden, um ein weiches Schalten zu bewirken, Überdrücke zu absorbieren und die Zyklen zu begrenzen, wird erfindungsgemäß das Schaltgefühlmodul 109 vorgesehen, um einen glatten Übergang zwischen den Gängen zu erhalten. Darüberhinaus fügt das Vorsehen des Schaltgefühlmoduls einen Redundanzfaktor zu dem Steuersystem hinzu, der die Zuverlässigkeit bei kommerziellen Anwendungen erhöht. Wie erwähnt, umfaßt das Schaltgefühlmodul 109 das Bandanlegeregelventil 110, das Kupplungsanlegeregelventil 112 und ein Druckänderungsbetätigungselement 372, dessen Ausgangssignal gemultiplext wird, um die Druckregelventile 110 und 112 entweder unabhängig oder zusammen anzusteuern, abhängig von jeweiligen Schaltvorgang, und um das Regelventil 114 anzusteuern, wenn in Kombination mit der Erfindung eine Sperrkupplung verwendet wird. Es ist anzumerken, daß das Betätigungselement 372 ein Druck-Ausgangssignal erzeugt, das umgekehrt proportional zu dem Wert des Stromes oder Signales ist, der zum Ansteuern des Betätigungselementes verwendet wird.

Wie aus der folgenden Beschreibung hervorgeht, betreffen alle automatischen Hoch- und Herunterschaltvorgänge das Band B1 oder die Kupplung C1. Die Kupplung C4 spielt beim Schalten keine Rolle, sondern wird einfach nur angelegt, um ein "freies Auslaufen" im Fahrbereich zu vermeiden. Da von allen automatischen Schaltungen das Band B1 oder die Kupplung C1 betroffen ist, ist es die Methode zum Anlegen dieser Reibungselemente, die dafür ausschlaggebend ist, ob der Gangwechsel als weich oder hart betrachtet wird. Das jeweilige Bandanlege- bzw. Kupplungsanlegeregelventil 110, 112 ist direkt für die "weiche" Anwendung der Reibungselemente verantwortlich. Die Regelventile 110 und 112 dienen dazu, das Druckausgangssignal zu verstärken, das vom Druckänderungsmagnetschalter 372 zugeführt wird, das in einer zu einem programmierbaren Stromwert, der pro Schaltvorgang entwickelt wird, umgekehrten Beziehung vorliegt. Die Verstärkungsfaktoren (d.h. 2:1, 3:1, etc.) sind nur

eine Funktion des Druckbedarfs bei dem jeweiligen Schaltvorgang gegenüber dem Druck, der am Druckänderungsmagnetschalter 372 zur Verfügung steht. Da die bevorzugte Form des Getriebes zwei Schaltelemente aufweist, sind zwei Regelventile vorgesehen, um sie zu steuern. Es folgt daraus, daß, wenn ein Getriebe zwanzig Schaltelemente aufweist, das Schaltmodul 109 zwanzig Regelventile enthalten kann, die alle von einem einzigen Druckänderungsmagnetschalter angesteuert werden, dessen Ausgangssignal zu allen zwanzig Regelventilen über deren jeweilige EIN/AUS-Magnetschalter-Betätigungselemente gemultiplext wird. Es ist folglich offensichtlich, daß das vom Schaltgefühlmodul 109 ermöglichte Steuerkonzept sowohl flexibel als auch für andere Anwendungen "skalierbar" ist.

Wie in der Fig. 10 gezeigt, ist das Bandanlegeregulventil 110 des Moduls 109 mit einer Anzahl von Anschlüssen 374, 376, 378 und 380 und mit Abgabeanschlüssen X18 und X19 versehen. Das Ventil 110 umfaßt des weiteren einen hin- und hergehend angeordneten, zweiteiligen Steuerkolben 382, dessen lineare Verschiebung eine Funktion der daran anliegenden Flüssigkeitskräfte ist. Der Steuerkolben 382 ist durch die Wirkung einer Feder 383 in einer Richtung vorgespannt. Der Steuerkolben 382 ist auch dem Druckausgangssignal eines elektromagnetischen Betätigungselementes 402 ausgesetzt, das von einem EIN/AUS-Magnetschalter gesteuert wird. Über den Zuführkreis 152 wird die Flüssigkeit zu dem Betätigungselement 402 geführt. In der vorliegenden Form weist der Steuerkolben 382 ein erstes und zweites Element 385 bzw. 387 auf. An seinem Umfang besitzt das Element 385 des Steuerkolbens 382 Vorsprünge 384, 386 und 388 mit Ringnuten 381 und 389 dazwischen. Es ist anzumerken, daß die Querschnittsfläche des Vorsprungs 388 größer ist als die der Vorsprünge 384 und 386. An seinem Umfang besitzt das Element 387 des Steuerkolbens 382 Vorsprünge 390 und 392 mit einer Ringnut 391 dazwischen. Das Element 387 des Steuerkolbens 382 umfaßt ferner einen oder mehrere radiale Anschlüsse

394, die sich mit einer blinden Axialbohrung 396 schneiden, in die sich ein Führungszapfen 398 erstreckt, der vom Steuerkolbenelement 385 vorsteht. Der Anschluß 374 des Ventils 110 öffnet sich zum 2.-Gang-Kreis 204, dessen beide Enden sich zum Anschluß 196 des 1/2-Schaltventils 118 öffnen. Die Anschlüsse 376 und 378 des Ventils 110 öffnen sich zum Bandanlegezuführkreis 202, dessen beide Enden sich zur Kammer 76 des Servoelements 69, das zum Band B1 gehört, und zum Anschluß 182 des 1/2-Schaltventils 118 öffnen. Der Anschluß 380 des Ventils 110 öffnet sich zu einem Abschnitt des Druckänderungskreises, der durch die Leitung 400 gebildet wird.

Das Kupplungsanlegeregelventil 112 des Moduls 109 ist mit einer Anzahl von Anschlüssen 408, 410, 411 und 412 und mit Abgabeanschlüssen X20 und X21 versehen. Das Ventil 112 umfaßt ferner einen hin- und hergehend angeordneten Steuerkolben 414, dessen lineare Verschiebung eine Funktion der daran anliegenden Flüssigkeitskräfte ist. Der Steuerkolben 414 ist durch die Wirkung einer Feder 416 in einer Richtung vorgespannt. Der Steuerkolben 414 ist auch dem Druckausgangssignal eines elektromagnetischen Betätigungselementes 418 ausgesetzt, das von einem EIN/AUS-Magnetschalter gesteuert wird. Das Druckausgangssignal des Betätigungselements 418 wirkt in der entgegengesetzten Richtung wie die Feder 416. Über den Zuführkreis 152 wird die Flüssigkeit zu dem Betätigungselement 418 geführt. In der vorliegenden Form weist der Steuerkolben 414 ein erstes und zweites Element 420 bzw. 422 auf. An seinem Umfang besitzt das Element 420 des Steuerkolbens 414 Vorsprünge 424, 426 und 428 mit Ringnuten 425 und 427 dazwischen. Es ist anzumerken, daß die Querschnittsfläche des Vorsprungs 428 größer ist als die der Vorsprünge 424 und 426. An seinem Umfang besitzt das Element 422 des Steuerkolbens 414 Vorsprünge 430 und 432 mit einer Ringnut 431 dazwischen. Das Element 422 des Steuerkolbens 414 umfaßt ferner einen oder mehrere radiale Anschlüsse 434, die sich mit einer blinden Axialbohrung 436 schneiden, in

die sich ein Führungszapfen 438 erstreckt, der vom Steuerkolbenelement 420 vorsteht. Der Anschluß 408 des Ventils 112 öffnet sich zum 3.-Gang-Kreis 150, dessen beide Enden sich zum Anschluß 214 des 2/3-Schaltventils 120 öffnen. Die Anschlüsse 410 und 411 des Ventils 112 öffnen sich zum Kupplungsanlegezuführkreis 288, dessen beide Enden sich zu den Anschlüssen 272 und 274 des 4/3-Abfolgeventils 124 und zur Kupplung C1 öffnen. Der Anschluß 412 des Ventils 112 öffnet sich zu einem Abschnitt des Druckänderungskreises 400.

Das Schaltgefühlmodul 109 umfaßt auch das Druckänderungsbetätigungselement 372, dessen Ausgangssignal mit dem Bandanlegeregelventil 110, dem Kupplungsanlegeregelventil 112 und dem Wandlerkupplungsregelventil 114 gemultiplext wird. Vorzugsweise in unmittelbarer Nähe des Ausgangs des Betätigungselements 372 ist ein federbelasteter Dämpfer 440 angebracht. Wie der Fachmann erkennt, dient der Dämpfer 440 dazu, das Betätigungselement 372 zu stabilisieren. Das Ausgangssignal des Betätigungselementes 372 wird über den Druckänderungskreis 400 zu den oben erwähnten Ventilen geliefert.

Die Fig. 11 zeigt schematisch die bevorzugte erfindungsgemäße Steuerstrategie. Wie gezeigt umfaßt das Steuersystem eine elektronische Steuereinheit (ECU) 450 zum Steuern des Betriebs des Getriebes mittels der gesteuerten Erregung der verschiedenen elektromagnetischen Betätigungselemente 146, 222, 260, 332, 372, 402 und 418 (Fig. 12), die zusammen mit dem hydraulischen Ventilblock vorgesehen sind, der seinerseits die verschiedenen Eingriffseinrichtungen derart steuert, daß über das Getriebe eine Bewegung mit verschiedenen Übersetzungsverhältnissen erhalten wird. Die ECU 450 kann analoge und/oder digitale elektronische Rechen- und Logikschaltungen, vorzugsweise auf der Basis eines Mikrocomputers, enthalten, deren besondere Ausgestaltung und Aufbau nicht Teil der vorliegenden Erfindung ist. Die ECU 450 erhält elektrische Daten oder Informationen zugeführt, die von einer Vielzahl von Ein-

gangssignalen abgeleitet werden, und kann die Daten auch speichern. Diese Eingangssignale werden von einer Anzahl von Sensoren bereitgestellt, die die verschiedenen Fahrzeugeigenschaften überwachen und Signale erzeugen, die diese Eigenschaften anzeigen.

Wie aus der Fig. 11 ersichtlich, umfaßt der Drosselklappenstellungssensor 452 geeignete Einrichtungen, um ein Signal zu erzeugen, das schließlich zur Feststellung des Motordrehmoments verwendet wird. In der bevorzugten Form weist der Sensor 452 ein Potentiometer auf, das mit der Welle 15 der Drosselklappe 14 (Fig. 1) verbunden ist, um die vom Motor angesaugte Luft anzuzeigen. Bei dieser Anordnung ergeben Änderungen in der Stellung der Drosselklappe proportional verschiedene elektrische Signalwerte, die zu der ECU 450 geliefert werden. Alternativ kann das Motor-Einlaßkrümmervakuum oder der Ansaugluft-Massenstrom des Motors anstelle der Drosselklappenstellung als eine der Funktionen zur Ableitung des Motordrehmoments verwendet werden.

Der Motordrehzahlsensor 454 kann "Trigger"-Impulse vom elektronischen Zündzeitpunktsystem des Fahrzeugs verwenden, um ein Ausgangssignal zu erzeugen, das die Motordrehzahl anzeigt. Es kann natürlich jede geeignete Einrichtung zur Ableitung des Eingangssignals für die ECU 450 verwendet werden, die in der Lage ist, die Motordrehzahl anzuzeigen.

Der Geschwindigkeitssensor 456 umfaßt einen herkömmlichen, Impulse erzeugenden Sensor. Der Sensor 456 überwacht die Umdrehungen der Getriebe-Ausgangswelle 26 (Fig. 1) und erzeugt Signale, die dazu verwendet werden können, die Geschwindigkeit des Fahrzeugs zu berechnen.

Der Getriebeöl-Temperatursensor 458 kann ein Thermistorelement enthalten. Wie es schematisch in der Fig. 6 gezeigt ist, ist ein Thermistorelement 460 geeignet im Getriebeölbehälter 119 untergebracht, um die Temperatur des Getriebeöles zu messen und ein Signal zu erzeugen, das die Temperatur an-

zeigt.

Wie erwähnt, werden bei der vorliegenden Erfindung zwei Schaltschemas angewendet. Beim "Wirtschaftlich"-Schema ist der Kraftstoffverbrauch optimal. Das "Leistungs"-Schema kann manuell gewählt werden oder wird automatisch ausgewählt, wenn die Temperatur des Getriebeöles einen vorgegebenen Pegel übersteigt. Ob das Getriebe im "Wirtschaftlich"- oder im "Leistungs"-Modus arbeitet, kann durch die Betätigung einer Schalteranordnung 462 gewählt werden, deren Zustand ein Eingangssignal für die ECU ist. Die ECU kehrt automatisch zum "Wirtschaftlich"-Schaltmodus oder Schema zurück, wenn der Motor neu gestartet wird und wenn die Temperatur des Getriebeöles unter der oben erwähnten Schwellentemperatur liegt. Es kann eine Datenverbindung zum Instrumentenbrett des Fahrzeugs vorgesehen sein, um visuell anzuzeigen, welcher Modus oder welcher Zustand vom Bediener gewählt wurde.

Der Ganghebelpositionssensor 464 überwacht die Position des Schalthebels 165 (Fig. 8), der die Verschiebung des manuellen Ventils 106 steuert. Das Ausgangssignal des Sensors 464 dient dazu, einen Motorstart zu unterbinden, wenn das Getriebe nicht in der Neutral- oder Parkstellung ist. Wenn der Schalthebel auf Rückwärts "R" bewegt wird, erzeugt der Sensor 464 ein Signal, um "Rückfahrleuchten" zu aktivieren. Der eigentliche Rückwärtsgang wird natürlich hydraulisch aktiviert, wenn der Schaltarm 165 das manuelle Ventil 106 in die entsprechende Stellung bewegt. Zusätzlich zum selektiven Unterdrücken des Motorstarts und zum Aktivieren der "Rückfahrleuchten" gibt der Sensor 464 ein Signal über den vom Bediener des Fahrzeugs ausgewählten Gang an die ECU 450.

Im Gegensatz zu herkömmlichen hydraulischen oder "teilweise" elektronischen Einheiten ist die Steuerstrategie und die Logik für das erfindungsgemäße Getriebe fast vollständig in der Software in der ECU 450 enthalten. Das heißt, daß die ECU die von den Sensoren 452, 454, 456, 458, 462 und 464 er-

haltenen Eingangsdaten oder Signale liest und berechnet und mittels der Software 466 die Schaltpunktberechnung und Logik ausführt; mittels der Software 468 die Schaltqualitätskontrolle ausführt; und mittels der Software 470 die Leitungsdruckkontrolle ausführt. Die Softwareprogramme 466, 468 und 470 steuern den hydraulischen Ventilblock an, der seinerseits die Kupplungen und Bänder selektiv steuert. Die Durchlaufzeit durch das System beträgt etwa 20 Millisekunden. Wie ersichtlich, ist die Software wegen der Möglichkeit späterer Erweiterungen von modularer Natur.

Der primäre Zweck der Schaltschemasoftware 466 ist es, automatisch den optimalen Gang zu wählen, in dem das Getriebe arbeiten soll. Die Schaltschemasoftware 466 ist in der Lage, auf der Basis der vorliegenden Fahrzeuginformationen, die von der ECU 450 verarbeitet werden, automatisch einen Gangwechsel in den gewählten optimalen Gang zu bewirken. Es ist darunter zu verstehen, daß ein solcher Gangwechsel durch Ändern des Rotationszustandes von einem oder mehreren der Elemente im Getriebezug 21 bewirkt wird.

Der primäre Zweck der Schaltqualitätssoftware 468 ist es, ein Verfahren bereitzustellen, mit dem das "Schaltgefühl" zwischen den Gängen gesteuert oder verwaltet werden kann. Die Schaltqualitätssoftware 468 fügt außerdem eine neuartige Redundanz zu dem System hinzu. Dieses Redundanzmerkmal sichert eine rechtzeitige und geeignete Betätigung oder Erregung der Eingriffselemente. Es ist anzumerken, daß das von der Software 468 zur Ansteuerung des Druckänderungsmagnetschalters, der mit dem Betätigungselement 372 verbunden ist, abgegebene Signal ein "Strom"- ist, der zu dem hydraulischen Druckausgangssignal des Magnetschalters umgekehrt proportional ist.

Der Zweck der Leitungsdrucksteuersoftware 470 ist es, den Fluiddruck im Leitungsdruckkreis 123 selektiv zu erhöhen. Dies kann erfolgen, wenn dem Getriebe ein erhöhtes Drehmoment abgefordert wird.

In der Fig. 12 ist ein einfacher Systemüberblick über die Software 466, 468 und 470 gezeigt. Die Software 466 beinhaltet ein Modul 480 für den gewünschten Gang und die Sperrung, was Schalt- und Sperrkurven einschließt. Das Modul 480 erhält vom Drosselklappensensor 452, dem Geschwindigkeits- oder Wellendrehzahlsensor 456, dem Temperatursensor 458, dem Modusumschaltensor 462 und dem Schalthebelpositionssensor 464 gefilterte Eingangssignale. Das Ausgangssignal des Moduls 480 zeigt den gewünschten Gang an, in dem das Getriebe arbeiten soll, und ob die Sperrkupplung betätigt werden soll.

Das Ausgangssignal des Moduls 480 wird einem Modul 482 zur zeitlichen Überprüfung der Gangschaltung zugeführt. Der Zweck des Moduls 482 ist es, zu überprüfen, ob eine Änderung im Zustand oder Gang angebracht ist. In der Fig. 14 ist schematisch die Arbeitsweise des Moduls 482 gezeigt. Der Bezugspunkt 483 in der Fig. 14 stellt den Erhalt eines Signals vom Modul 480 dar, daß nämlich die erhaltenen Eingangssignale einen Gangwechsel anzeigen. Das Prüfzeitgebermodul 482 verzögert lediglich den Beginn des Schaltereignisses, um genauer zu bestimmen, welchen Vorgang der Bediener des Fahrzeugs wünscht. Nach dem Überprüfen des Signals für eine vorgegebene Zeitspanne kann ein Gangwechsel eingeleitet werden, wie es beim Bezugspunkt 485 angegeben ist. Der Betrag der Modulverzögerung ist ein programmierbares Vielfaches der Durchlaufzeit von 20 Millisekunden. Da der Mikroprozessor in der ECU 450 die Eingangssignale alle 20 Millisekunden abtastet oder überprüft, ist es dem Bediener des Fahrzeugs unmöglich, das Gaspedal weit/schnell genug zu bewegen, um zum Beispiel einen 4-2-Herunterschaltvorgang auszulösen. Ohne das Prüfmodul 482 würden die meisten, wenn nicht alle Vorgänge oder Gangwechsel aufeinanderfolgend ablaufen, im Gegensatz zu "Gang-Überspring"-Vorgängen. Ein aufeinanderfolgend ablaufender Betrieb (ein 4-3-2-Schaltmuster anstelle eines direkten 4-2-Überganges) ist unter dem Gesichtspunkt der Getriebereaktion nicht sehr

wünschenswert. Der Prüfzeitgeber ist typischerweise zwischen 80 und 240 Millisekunden eingestellt, in Abhängigkeit von der Anwendung.

Gemäß Fig. 12 dienen die Signale vom Geschwindigkeits- oder Drehzahlsensor 456 und dem Ganghebelpositionssensor 464 als logische Signale zum Abbrechen des Signals vom Modul 480.

Wenn festgestellt wird, daß ein Vorgang oder Gangwechsel in Ordnung ist, wird das Ausgangssignal des Moduls 482 zu den Magnetschaltersteuermodulen 484 und 486 geliefert, und es dient als Eingangssignal für die Schaltqualitätssoftware 468. Das Magnetschaltersteuermodul 484 steuert die zu den Betätigungselementen 222, 262, 402 und 418 gehörenden EIN/AUS-Magnetschalter. Das Magnetschaltersteuermodul 486 steuert den EIN/AUS-Magnetschalter, der zu dem Betätigungselement 332 zum Steuern des Betriebs der Sperrkupplung gehört.

Das Magnetschaltersteuermodul 484 weist eine Einrichtung zum EIN/AUS-Schalten der Magnetschalter 222, 260, 402 und 418 gemäß einem vorgegebenen Muster zu vorgegebenen Zeiten als Funktion der daran anliegenden Eingangssignale auf. Die Muster und Zeiten sind in Datentabellen gespeichert, die in jeder Magnetschaltersteuerung eingeschlossen sind. Das Steuermodul 484 erhält von einer Anzahl von Quellen gefilterte Eingangssignale. Ein Signal wird vom Softwareprogramm 468 abgeleitet, um den Taktgeber oder Zeitgeber zu aktivieren, der zu dem Modul 484 gehört. Ein weiteres gefiltertes Signal wird der Steuerung 484 vom Schaltprüfzeitgebermodul 482 zugeführt, das den Gang anzeigt, in dem das Getriebe gerade arbeitet. Die Steuerung 484 erhält auch ein gefiltertes Signal vom Ganghebelpositionssensor 464 und ein gefiltertes Signal vom Geschwindigkeits- oder Wellendrehzahlsensor 456. Diese Signale dienen als logische Signale zum Abbrechen eines Gangwechsels oder Vorganges.

Das Magnetschaltersteuermodul 486 weist eine Einrichtung zum EIN/AUS-Schalten des Magnetschalters 332 als Funktion der

daran anliegenden Eingangssignale auf. Das gefilterte Eingangssignal für das Modul 286 zeigt den gewünschten Sperrzustand der Sperrkupplung 30 an. Der gewünschte Sperrzustand der Sperrkupplung 30 wird vom Modul 486 mit dem vorliegenden Zustand verglichen, und der zu dem Betätigungselement 332 gehörende EIN/AUS-Magnetschalter wird entsprechend gesteuert.

Das Leitungsdrucksoftwareprogramm 470 schließt ein Magnetschaltersteuermodul 488 ein, das den zu dem Betätigungselement 146 gehörenden EIN/AUS-Magnetschalter steuert. Das Modul 488 spricht auf mehrere gefilterte Eingangssignale einschließlich Signale vom Drosselklappensensor 452, dem Geschwindigkeits- oder Drehzahlsensor 456 und dem Ganghebelpositionssensor 464 an. Wie erwähnt, erhöht die Steuersoftware 470 den Fluidruck im Leitungsdruckkreis selektiv, wenn die Drehmomentanforderung an das Getriebe proportional steigt.

Das Schaltqualitätssoftwareprogramm 468 schließt ein Drehmomentberechnungsmodul 490 ein. In der ECU sind Daten für das "Wirtschaftlich"- und das "Leistungs"-Schaltschema einprogrammiert. Für jeden Vorgang sind acht verschiedene Drosselklappen-Prozentwerte mit entsprechenden Getriebe-Ausgangswelendrehzahlen eingestellt. Dies ist auf der Basis der Motorleistungscharakteristik; der Fahrzeug-NVH-Eigenschaften (Geräusch/Vibration/Härte); der Anhängerklasse; der Fahrzeug-Straßen-Last-Eigenschaften und dem Kraftstoffverbrauch sowohl für das "Wirtschaftlichkeit"- als auch das "Leistungs"-Schema erfolgt. In das Modul 490 ist eine "Drehmomentkarte" auf der Basis der obigen Schaltschemas und der Motor-Drehmomentkurven eingeschlossen. Das Modul 490 erhält vom Motordrehzahlsensor 454 und dem Drosselklappenpositionssensor 452 gefilterte Eingangssignale zugeführt. Die Signale dienen als Eingangssignal für eine 12x12-Matrix für die Drosselklappenprozente gegen die Motordrehzahl und sind für alle Teildrosselklappenschaltqualitätsaspekte verantwortlich. Dies wird durch eine einfache Interpolation erreicht, die von einem Programm 468 erzeugt

wird, um das Betätigungselement 372 zwischen 0 % und 100 % Drehmomentstromwerten anzusteuern, die pro Schaltvorgang (1-2, 2-3, etc.) gebildet werden. Die Funktion des Moduls 490 ist es, die Motor-Drehmomentkurve in Form eines Stromes anzunähern, um das Betätigungselement 372 in zwölf diskreten Segmenten anzusteuern. Das heißt, daß ein 20 %-Drosselklappenstromwert für 1000, 1300, 1700, 2000, 2300, 2700, 3000, 3300, 3700, 4000, 4500 und 5000 Motor-Umdrehungen eingestellt werden kann. Zwölf solcher Prozentdrosselklappenkurven umfaßt die Drehmomentkarte. Die Erfahrung hat gezeigt, daß diese Auflösung durchaus ausreicht, um die nichtlinearen Drehmomenteigenschaften eines Motors zu beschreiben. Das Motordrehmomentkurvensignal wird zu dem Magnetschaltersteuerberechnungsmodul 492 geführt. Andere gefilterte Signale vom Temperatursensor 458; dem Drosselklappensensor 452; dem Ganghebelpositionssensor 464 und dem Schaltprüfzeitgebermodul 482 werden ebenfalls dem Magnetschaltersteuerberechnungsmodul 492 zugeführt.

Ein Beispiel für den Betrieb des Berechnungsmoduls 492, das wiederholt ein im Speicher gespeichertes Programm ausführt, wird im folgenden anhand der symbolischen Darstellung erläutert, die im Flußdiagrammformat in der Fig. 13 gezeigt ist. Dieses Programm ist in Wirklichkeit in einer Computersprache oder in einem Quellencode geschrieben, die bzw. der für den jeweiligen Mikrocomputer geeignet ist, wobei jedoch die genauen Einzelheiten hier nicht beschrieben werden, da sie auf der Basis der vorliegenden Offenbarung ohne Schwierigkeiten von einem Fachmann in eine Form umgesetzt werden können, die für die jeweilige Ausführung geeignet ist.

Wenn die Eingabesensoren der ECU 450 mitteilen, daß ein Gangwechsel oder ein Schaltvorgang in Ordnung ist, veranlaßt das Hauptprogramm der ECU 450, daß ein Steuersignal in den START-Block 500 eintritt. In diesem START-Block 500 initialisiert der Mikrocomputer der ECU die verschiedenen Arbeitsbereiche usw. in seinem RAM und bereitet den Betrieb vor. Die

Steuerung geht dann zum Schritt 502 über, in dem eine Drehmomentroutine ausgeführt wird und in dem, auf der Basis der Motordrehzahl und der Drosselklappenstellung, das Motordrehmoment in der oben beschriebenen Weise berechnet wird. Die Steuerung geht dann zum Schritt 504 über, in dem das Reibungselementdrehmoment berechnet wird, das erforderlich ist, um die Schaltung oder den Vorgang zu bewirken. Diese Berechnung ist eine Funktion der Motordrehzahl mal der Verstärkung oder dem Skalenfaktor, der erforderlich ist, um einen bestimmten Drehmomentpegel an den in Eingriff kommenden Reibungselementen plus einem Minimum-Drehmoment für die Kompensation von Vorspannungen und anderen zu berücksichtigenden Faktoren des Reibungselements zu erzeugen. Diese Berechnung wird in den elektrischen "Strom" umgewandelt, der für das elektrisch reagierende Ventil-Betätigungselement erforderlich ist, das zu dem jeweiligen in Eingriff kommenden Reibungselement gehört, um das für die Ausführung eines solchen Schaltvorganges erforderliche Drehmoment zu entwickeln. Die Steuerung geht dann vom Schritt 504 zum Schritt 506 über, der als inkrementaler Schaltzeitgeber wirkt. Der Schaltzeitgeber gibt die Zeitspanne vor, über die das Ausgangssignal des Druckänderungsmagnetschalters 372 modifiziert wird oder ansteigt. Im Schritt 506 erfolgt eine Entscheidung darüber, ob die Schaltzeit, die mit dem Schaltvorgang oder Gangwechsel verbunden ist, gleich oder größer als 0 ist.

Verständlicherweise hat nur der erste oder anfängliche Durchlauf eine Schaltzeit gleich Null. Die Steuerung geht dann zum Schritt 508 über. Im Schritt 508 werden die Rampen- und Drosselklappenwerte gelöscht und auf 0 gesetzt. Vom Schritt 508 geht die Steuerung auf den Schritt 528 über. Im Schritt 528 wird das Signal für den Druckänderungsmagnetschalter 372 in einer vorgegebenen Weise erhöht. Anfänglich veranlaßt das Signal an den Druckänderungsmagnetschalter im Schritt 528 einen Anstieg auf den Punkt A, wie es in der Fig. 15 gezeigt

ist. Beim Fortschreiten des Programms wird das Signal an den Druckänderungsmagnetschalter stufenweise oder in Form eines Profils erhöht, die im folgenden noch beschrieben wird. Vom Schritt 528 geht die Steuerung zum Schritt 530 über. Im Schritt 530 wird der Schaltzeitgeber hochgezählt, und die Steuerung geht zum Schritt 532 über. Im Schritt 532 wird die mit diesem bestimmten Gangwechsel oder Vorgang verbundene, abgelaufene Zeit mit einem vorgegebenen Wert verglichen. Wenn die mit diesem bestimmten Gangwechsel oder Vorgang verbundene Zeit gleich dem vorgegebenen Wert ist, geht die Steuerung zum Schritt 534 weiter, der anzeigt, daß der Schaltvorgang oder Gangwechsel zu Ende ist. Wenn die mit diesem bestimmten Gangwechsel oder Vorgang verbundene Zeit nicht gleich der vorgegebenen Zeit ist, geht die Steuerung zum Schritt 536 über, und das Programm wird erneut durchlaufen.

Die Fig. 15 zeigt eine typische Druckkurve, die während eines Gangwechsels oder einer Sperrung vom Druckänderungs-Betätigungselement 372 schließlich erzeugt wird. Die Druckkurve wird dadurch erhalten, daß das Betätigungselement 372 eine Rampenfunktion oder ein Profil durchläuft. Das Druckprofil für das Betätigungselement 372 umfaßt zwei Stromrampen AB und BC, die sich jeweils über eine Zeit T1 bzw. T2 erstrecken. Die Rampen AB und BC können positive oder negative Steigungen haben. Positive Steigungen können als "Aufwärtsrampen" und negative Steigungen als "Abwärtsrampen" bezeichnet werden. Der Punkt A der Rampe AB wird durch die obige Drehmomentkarte vorgegeben. Die Offsets M1 und M2 und die Zeiten T1 und T2 sind über den Schaltvorgang (1-2, 2-3) programmierbar. Die Form der Kurve ist daher eine Funktion des Startpunktes "A" und der anderen Funktionen, nämlich M1, M2, T1 und T2. Die in der Fig. 15 gezeigten geraden Linienabschnitte AB und BC setzen sich tatsächlich aus einer Reihe von diskreten Stufen mit 20 Millisekunden Abtastperiode und Amplituden mit 5 Milliampere Auflösung zusammen. Während jeder Abtastperiode

tastungen in der Rampenzeit noch bleiben, und der Änderungen aufgrund der vorhergehenden Erneuerungen in der Drosselklappenkomponente berechnet. Vom Schritt 520 geht die Steuerung zum Schritt 522 weiter, in dem der Rampenzeitgeber hochgezählt wird.

Die Steuerung geht vom Schritt 514 zum Schritt 516 über, in dem festgestellt wird, ob die abgelaufene Anzahl von Abtastungen gleich $S1$ ist. Wenn die abgelaufene Anzahl von Abtastungen gleich $S1$ ist, geht die Steuerung zum Schritt 524 weiter. Im Schritt 524 wird der Rampenzeitgeber für $S2$ neu initialisiert. Bei der bevorzugten Ausführungsform ist $S2 = T2/(20 \text{ msek})$. Nach dem neuen Initialisieren des Rampenzeitgebers für $S2$ geht die Steuerung zum Schritt 526 über. Wenn andererseits die Rampenzeitbestimmung im Schritt 516 ergibt, daß die mit dem Gangwechsel oder Schaltvorgang verbundene Rampenzeit nicht gleich $S1$ ist, geht die Steuerung zum Schritt 522 über. Im Schritt 522 wird der Rampenzeitgeber hochgezählt, und die Steuerung geht dann zum Schritt 526 weiter.

Im Schritt 526 wird eine neue Drosselklappenkomponente berechnet. Die neue Drosselklappenkomponente ist gleich der alten Drosselklappenkomponente plus einem Schritt. Es wird dann im Schritt 528 das Gesamt-Ausgangssignal für den Druckänderungsmagnetschalter 372 berechnet, das gleich der neuen Drosselklappe plus einem Schritt ist. Wie erwähnt, wird der Schaltzeitgeber im Schritt 530 hochgezählt. Die Steuerung geht dann zum Schritt 532 über. Im Schritt 532 wird die mit diesem bestimmten Gangwechsel oder Vorgang verbundene, abgelaufene Schaltzeit mit dem vorgegebenen Wert verglichen, der gleich $S1$ plus $S2$ ist. Wenn die mit diesem bestimmten Gangwechsel oder Vorgang verbundene Schaltzeit gleich $S1$ plus $S2$ ist, geht die Steuerung zum Schritt 534 weiter, der anzeigt, daß die Schaltung oder der Gangwechsel zu Ende ist. Wenn im Schritt 534 die Feststellung erfolgt, daß der Schaltvorgang vorbei oder beendet ist, wird dadurch, daß der Strom an den Magnetschalter 372

ganz heruntergesetzt wird, der Ausgangsdruck oder das Signal des Druckänderungs-Betätigungselementes oder Magnetschalters 372 auf dessen volle Kapazität gebracht. Wenn die mit diesem bestimmten Gangwechsel oder Vorgang verbundene Schaltzeit nicht gleich $S1 + S2$ ist, geht die Steuerung zum Schritt 536 über, und das Programm wird erneut durchlaufen.

Eine Folge dieses Algorithmusses ist es, daß die Drehmomentkomponente nicht bei jeder Abtastung ansteigt. Sie wird auf den Wert gesetzt, der aus dem Drehmoment berechnet wird, das während dieser Abtastung abgelesen wird. Die Drosselklappenkomponente steigt durch Stromänderung zu ihrem Zielpunkt an oder ab. Dieser Zielpunkt kann sich während jeder Abtastung ändern. Darüberhinaus wird am Ende der Rampe AB der Ausgangsstrom an das Betätigungselement 372 aus der Drehmomentkomponente plus dem Zielpunkt bestehen.

Das Schaltqualitätsoftwareprogramm 468 kann in einem separaten Modul 540, dem das Ausgangssignal des Berechnungsmoduls 492 zugeführt wird, eine Stoß- und Zitter-Routine umfassen. Der Zweck des Moduls 540 ist es, die Leistungsfähigkeit des Betätigungselementes 372 durch Elimination der Haftreibung zu verbessern. Ein gefiltertes Signal vom Ganghebelpositionssensor 464 dient als logisches Signal zum Abbrechen des Betriebs des Betätigungselementes 372. Die Zitterroutine des Moduls 540 erzeugt ein Wechselstromsignal, das dem Steuerungssignal überlagert wird, das vom Berechnungsmodul 492 erzeugt wird. Die Stoßroutine des Moduls 540 erzeugt ein kurzes, starkes Signal für den mit dem Betätigungselement 372 verbundenen Magnetschalter.

Es wird nun die Arbeitsweise des erfindungsgemäßen Getriebes beschrieben, um sicherzustellen, daß es vollständig verstanden wird. Die Pumpe 100 liefert Flüssigkeit zum Regelventil 102, das den Druck im Leitungsdruckkreis 123 regelt. Der beispielhafte Betrieb des Getriebes in den verschiedenen Positionen P-R-N-D-3-2-1 des manuellen Ventils 106 läuft wie

folgt ab:

Wie am besten aus der Fig. 16 hervorgeht, wird der geregelte Leitungsdruck im Kreis 123 daran gehindert, aus einem der Anschlüsse des Ventils 106 auszutreten, wenn der Fahrer das manuelle Wählventil 106 im "P"- oder "N"-Bereich plazierte. Da der Leitungsdruck aus diesen Anschlüssen nicht austritt, sind die Eingriffselemente einschließlich der Kupplungen und Bänder des Getriebes deaktiviert, da sie durch den Leitungsdruck aktiviert werden, der aus den Anschlüssen des manuellen Ventils 106 kommt. Dies versetzt den Getriebezug des Getriebes in den neutralen Zustand.

Wenn der Fahrer das manuelle Ventil in den "R"- oder Rückwärtsbereich bringt, da er eine Rückwärtsfahrt wünscht, wird der Steuerkolben 164 linear verschoben, wie es in der Fig. 16 zu sehen ist. Dabei wird der geregelte Leitungsdruck, der vom Leitungsdruckkreis 123 zum Anschluß 166 des Ventils 106 geliefert wird, durch die Nut 173 des Steuerkolbens 164 fließen und durch den Anschluß 165 in den Rückwärtskreis 148 eintreten. Die Flüssigkeit im Rückwärtskreis 148 fließt in drei separate Richtungen. In der einen Richtung fließt die Flüssigkeit zum Anschluß 133 des Regelventils 102. Wie erwähnt und aus der Fig. 6 ersichtlich, öffnet sich der Anschluß 133 des Ventils 102 zur Bohrung 147. Daher ergänzt die über den Rückwärtskreis 148 zum Ventil 102 gelieferte Flüssigkeit die anderen, auf den Steuerkolben 134 des Ventils 102 wirkenden Kräfte derart, daß der Druck im Leitungsdruckkreis 123 ansteigt. Wenn das manuelle Ventil 106 in der Rückwärtsstellung ist, fließt auch Flüssigkeit zum großflächigen Hohlraum 91 des Servoelements 71. Die in den Hohlraum 91 fließende Flüssigkeit legt das Band B2 an. Darüberhinaus wird die Flüssigkeit im Rückwärtskreis 148 zur Kupplung C3 geliefert und legt diese an. Wie erwähnt, ergibt das Anlegen des Bandes B2 und der Kupplung C3 eine Rückwärtsdrehung der Getriebe-Ausgangswelle 26. Der Anstieg im Leitungsdruck, der bewirkt wird, wenn der

Fahrer den Schalthebel 165 in die "R"- oder Rückwärtsstellung bewegt, sorgt dafür, daß die Eingriffselemente B2 und C3 mit ausreichend erhöhter Drehmomentkapazität versorgt werden, um die Rückwärtsdrehung der Getriebe-Ausgangswelle 26 zu bewirken.

Wenn der Fahrer oder Bediener das Ventil 106 in seine "D"- oder Fahrstellung bewegt, ist der Steuerkolben 164 des Ventils 106 so angeordnet, daß die vom Leitungsdruckkreis 123 zum Anschluß 166 des Ventils 106 gelieferte Flüssigkeit mit dem Anschluß 167 in Verbindung gebracht wird. Die Flüssigkeit wird daher zum Fahrkreis 175 geliefert. Wenn sich der Steuerkolben 164 des Ventils 106 in der Fahrstellung befindet, wird die Flüssigkeit in mehrere Richtungen geliefert. In der einen Richtung fließt die Flüssigkeit zu der Kupplung C2, um diese anzulegen. Gleichzeitig fließt die Flüssigkeit durch den Fahrkreis 175 und steht am Anschluß 232 des 3/4-Schaltventils 122 und am Anschluß 184 des 1/2-Schaltventils 118 an.

Wenn das Fahrzeug steht, während das manuelle Ventil 106 in den "D"-Bereich gebracht wird, veranlaßt die Schaltschemasoftware 466 der ECU 450, daß die Betätigungselemente 260 und 222 der Ventile 122 und 120 auf EIN gehen, wodurch die Steuerkolben davon die Stellungen einnehmen, wie sie jeweils in der oberen Hälfte der Ansicht in der Fig. 8 dargestellt sind. Da die Betätigungselemente 260 und 222 auf EIN sind, wird die von der Zuführleitung 152 gelieferte Flüssigkeit daran gehindert, in die Anschlüsse 244 bzw. 216 einzutreten. Gleichzeitig geben die Anschlüsse 244 und 216 über die Betätigungselemente ab. Es gibt daher keine Kraft, die der vom Zuführkreis 152 zu den Anschlüssen 180, 210 und 230 der Ventile 118, 120 und 122 gelieferten Flüssigkeit entgegenwirkt. Der Steuerkolben 190 des Schaltventils 118 bewegt sich daher und nimmt die in der Ansicht der Fig. 8 gezeigte obere Stellung ein. Mit den so angeordneten Steuerkolben der Ventile 118, 120 und 122 wird die zum Anschluß 232 des Ventils 122 gelieferte Flüssigkeit vom

Vorsprung 248 auf dem Steuerkolben 246 blockiert. Gleichermaßen wird die zum Anschluß 184 des Ventils 118 gelieferte Flüssigkeit durch den Vorsprung 194 am Steuerkolben 190 blockiert. Unter dieser Bedingung bewirken die elektronische und hydraulische Logik gemeinsam, daß sich das Fahrzeug als Ergebnis des Anlegens der Kupplung C2 und der Wirkung der 1-2-Freilaufkupplung 63 bewegt.

Das Fahrzeug bleibt im ersten Vorwärtsgang, bis die von den verschiedenen Eingabesensoren an die ECU 450 gelieferten Signale das Erfordernis eines 1-2-Gangwechsels anzeigen. Das heißt, wenn das Fahrzeug einen Fahrzustand erreicht hat, bei dem als Ergebnis des Ansteigens der Fahrzeuggeschwindigkeit das zweite Übersetzungsverhältnis zu bilden ist, schaltet die ECU das zum 3/4-Schaltventil 122 gehörende Betätigungselement 260 in den AUS-Zustand. Das Ausgangssignal des Betätigungselementes 260 wird daher am Steuerkolben 246 derart angelegt, daß er sich linear so verschiebt, daß er die Stellung einnimmt, die in der unteren Hälfte davon in der Fig. 8 gezeigt ist. Mit dem auf AUS geschalteten Betätigungselement 260 wird es der Flüssigkeit ermöglicht, vom Fahrkreis 175 über die Nut 249 zum Anschluß 234 des Ventils 122 zu fließen. Vom Anschluß 234 fließt die Flüssigkeit in den Freilaufkupplungskreis 262 und legt schließlich die Kupplung C4 an. Mit dem auf AUS geschalteten Betätigungselement 260 fließt die Flüssigkeit vom Zuführkreis 152 durch den Magnetschalter in den Anschluß 244 und durch die Leitung 270. Die Flüssigkeit fließt durch die Leitung 270 und tritt in die Leitung 208 ein, die sie zum Anschluß 189 des 1/2-Schaltventils 118 führt. Die so zum Ventil 118 gelieferte Flüssigkeit greift am freiliegenden Querschnitt des Vorsprungs 200 an und verursacht, daß sich der Steuerkolben 190 so verschiebt, daß die hydraulische Logik geändert wird. Wenn sich der Steuerkolben 190 verschiebt, nimmt er die Stellung ein, wie sie in der unteren Hälfte davon in der Ansicht der Fig. 8 gezeigt ist.

Während eines 1-2-Hochschaltvorganges wird der zum Betätigungselement 402 gehörende Magnetschalter am Beginn und am Ende des Schaltvorganges EIN bzw. AUS geschaltet. Gleichzeitig erhält der Druckänderungsmagnetschalter 372 ein elektrisches "Strom"-Signal von der ECU 450, dessen Größe und Dauer durch die obige Software bestimmt wird. Der Druckänderungsmagnetschalter 372 wandelt diesen "Strom" in einen umgekehrt proportionalen hydraulischen Druck um, der über den Druckänderungskreis 400 zum Anschluß 380 des Bandanlegeregelventils 110 geführt wird. Dieser Aspekt oder dieses Merkmal steht für die "kommerzielle" Zuverlässigkeit und Redundanz des Systems. Wenn der mit dem Betätigungselement 402 verbundene Magnetschalter AUS ist, wird Hochdruckflüssigkeit zum Steuerkolben 382 des Ventils 110 geführt. In der AUS-Stellung hebt der Magnetschalter jedes Drucksignal vom Druckänderungsmagnetschalter 372 auf. Wenn der mit dem Betätigungselement 402 verbundene Magnetschalter auf EIN geschaltet wird, wird das Hochdrucksignal vom Magnetschalterzuführkreis 152 davon abgehalten, dem Regelventil ein Signal zu liefern, und das Ausgangssignal des Druckänderungsmagnetschalters erhält den Vorrang zur Steuerung des Regelventils.

Wie erwähnt wird der 1-2-Schaltvorgang durch Einschalten des zum Betätigungselement 402 gehörenden Magnetschalters und durch Durchlaufen des Druckänderungsmagnetschalters 372 durch eine Niederdruck-Rampenfunktion eingeleitet. Das Bandregelventil 110 liefert daher ein proportionales Niederdrucksignal zum Band B1, um einen "weichen" Schaltvorgang zu bewirken. Am Ende einer programmierbaren Zeitspanne (etwa eine Sekunde) wird der mit dem Betätigungselement 402 verbundene Magnetschalter gleichzeitig mit dem Hochlauf des Druckänderungsmagnetschalters auf seinen maximalen Druckwert ausgeschaltet. Wie erwähnt ermöglicht es das Ausschalten des mit dem Betätigungselement 402 verbundenen Magnetschalters, daß Hochdruck den Magnetschalter durchläuft und den Steuerkolben 382 in die

Stellung bewegt, die in der unteren Hälfte der Fig. 10 gezeigt ist.

Wenn die Steuerkolben 190 und 382 des 1/2-Schaltventils 118 und des Bandregelventils 110 verschoben sind, fließt die Flüssigkeit vom Fahrkreis 175 zum Anschluß 184 des 1/2-Schaltventils 118 und durch die ringförmige Nut 195 in den Anschluß 185. Die Flüssigkeit vom Anschluß 185 des Ventils 118 tritt in den 2.-Gang-Kreis 204 ein und wird zum Anschluß 374 des Bandanlegeregelventils 110 geliefert. Wegen der verschobenen Stellung des Steuerkolbens 382 läuft der volle Leitungsdruck durch die ringförmige Nut 381 und tritt in den Anschluß 376 ein. Vom Anschluß 376 läuft der volle Leitungsdruck durch den Bandanlegezuführkreis 202 zur Kammer 76 des Eingriffselements 69. Dadurch wird sichergestellt, daß das Ausgangssignal des Bandanlegeregelventils zum Band 69 genügend erhöht ist, um ein Schleifen des Bandes B1 zu beenden. Vom Anschluß 376 des Ventils 110 wird der volle Leitungsdruck auch durch den Bandanlegezuführkreis 202 zum Anschluß 182 des 1/2-Schaltventils 118 geführt, wodurch der Steuerkolben 190 in der verschobenen Stellung gehalten wird, die in der unteren Hälfte davon gezeigt ist. Wenn der mit dem Betätigungselement 402 verbundene Magnetschalter das Leitungsdrucksignal nicht zum Steuerkolben 382 des Ventils 110 schaltet, führt der Druckänderungsmagnetschalter 372 dadurch die gleiche Funktion aus, daß er am Ende des Schaltvorganges zu seinem maximalen Ausgangsdruck hochläuft. Um das Eingriffselement zu verbrennen, müssen daher sowohl das Betätigungselement 402 als auch der Druckänderungsmagnetschalter 372 gleichzeitig fehlerhaft arbeiten. Statistisch ist dies sehr unwahrscheinlich; d.h. es liegt eine Redundanz vor.

Das Getriebe bleibt im zweiten Vorwärtsgang, bis die Eingabesensoren der ECU 450 mitteilen, daß ein automatisches Schalten in einen anderen Gang an der Reihe ist. Wenn die Sensoren mitteilen, daß ein 2-1-Gangwechsel in Ordnung ist,

schaltet die ECU das mit dem Bandanlegeregelventil 110 verbundene Magnetschalter-Betätigungselement 402 ein, während gleichzeitig der Druckänderungsmagnetschalter 372 eine Rampenfunktion von hohem zu niedrigem Druck durchläuft (Abwärtsrampe). Da das Betätigungselement 402 des Ventils 110 eingeschaltet ist, übernimmt das Ausgangssignal des Magnetschalters 372 mit variablem Druck die Steuerung des Bandanlegeregelventils 110, das seinerseits eine proportionale Rampe von hohem zu niedrigem Druck an den B1-Kolben 69 ausgibt. Diese graduelle Abnahme des Bandanlegedruckes schiebt das Band B1 auf, derart, daß der Zustand des ersten Vorwärtsganges erhalten wird. Der 2-1-Schaltvorgang wird dadurch beendet, daß gleichzeitig das zum Ventil 110 gehörende Betätigungselement 402 ausgeschaltet wird; das Betätigungselement 260 des 3/4-Schaltventils 122 eingeschaltet wird und der Druckänderungsmagnetschalter 372 auf seinen maximalen Druckwert hochläuft. Durch das Einschalten des Betätigungselementes 260 des 3/4-Schaltventils 122 nimmt der Steuerkolben 246 des 3/4-Schaltventils 122 und der Steuerkolben 190 des 1/2-Schaltventils 118 die Stellungen ein, die jeweils in der oberen Hälfte davon in der Fig. 8 gezeigt sind. Unter dieser Bedingung ist ein Durchbrennen eines Reibungselementes oder einer Einheit während einer 2-1-Schaltung oder eines Vorganges nur möglich, wenn gleichzeitig die Betätigungselemente 402, 260 und 372 defekt werden. Wie der Fachmann weiß, ist dies statistisch sehr unwahrscheinlich.

Wenn andererseits die Sensoren der ECU 450 mitteilen sollten, daß ein 2-3-Gangwechsel an der Reihe ist, dann erhält die ECU 450 den AUS-Zustand des Betätigungselementes 260 für das 3/4-Schaltventil 122 aufrecht; schaltet oder ändert den Zustand des Betätigungselementes 222 für das 2/3-Schaltventil 120 in den AUS-Zustand; ändert den Zustand des Betätigungselementes 402 für das Bandanlegeregelventil 110 in der unten beschriebenen Weise und hält den AUS-Zustand des Betätigungsele-

ment 418 für das Kupplungsanlegeregelventil 112 aufrecht.

Wie erwähnt wird es bei ausgeschaltetem Betätigungselement 260 der Flüssigkeit ermöglicht, vom Fahrkreis 175 über die Nut 249 zum Anschluß 234 des Ventils 122 zu fließen. Vom Anschluß 234 fließt die Flüssigkeit in den Freilaufkupplungskreis 262 und hält schließlich die Freilaufkupplung C4 in Betrieb. Darüberhinaus erlaubt es die Betätigung des Betätigungselementes 260 der Flüssigkeit vom Zuführkreis, zum Anschluß 189 des 1/2-Schaltventils 118 geliefert zu werden. Die so zum Ventil 118 gelieferte Flüssigkeit wirkt gegen die größere Querschnittsfläche des Vorsprungs 200 derart, daß der gegenwärtige logische Zustand des 1/2-Schaltventils 118 erhalten bleibt. Der Steuerkolben 190 bleibt daher in der gleichen Stellung, die er während der 1-2-Schaltung hatte. Die Stellung des Steuerkolbens 190 des Ventils 118 während der 2-3-Schaltung wird durch die Stellung des Steuerkolbens 190 in der unteren Hälfte davon in der Fig. 8 gezeigt. Flüssigkeit vom 2.-Gang-Kreis 204 wird in anderer Richtung zum Anschluß 212 des Ventils 120 geliefert. Wegen des verschobenen Zustands des Steuerkolbens 218, die sich aus der Betätigung des Betätigungselementes 222 ergibt, fließt die Flüssigkeit im 2.-Gang-Kreis 204, die zum Anschluß 212 geliefert wird, über die Nut 221 zum Anschluß 214 des Ventils 120. Gleichzeitig erhält der Druckänderungsmagnetschalter 372 ein elektrisches "Strom"-Signal von der ECU von einer Größe und Dauer, die durch das Schaltqualitätsprogramm 468 bestimmt wird. Der Druckänderungsmagnetschalter wandelt diesen "Strom" in ein umgekehrt proportionales Drucksignal um, das die Verschiebung des Steuerkolbens 382 des Ventils 110 steuert und damit den Flüssigkeitsfluß vom 2.-Gang-Kreis zur Kammer 76 des Kolbens 69 regelt.

Wie erwähnt, schaltet oder ändert die ECU 450 den Zustand des Betätigungselementes 222 des 2/3-Schaltventils 120 in den AUS-Zustand, wenn die Eingabesensoren anzeigen, daß eine 2-3-Schaltung an der Reihe ist. Das Ausgangssignal des Betätigungselementes 222 wirkt daher gegen die größere Querschnittsfläche des Vorsprungs 224 und veranlaßt, daß sich der Steuerkolben 218 linear verschiebt und die Stellung einnimmt, die in der Ansicht der Fig. 8 in der unteren Hälfte davon gezeigt ist. Mit ausgeschaltetem Betätigungselement 222 und dem Steuerkolben 218 des Ventils 120 in dieser Stellung ist es der durch den 2.-Gang-Kreis 204 zum Anschluß 212 gelieferten Flüssigkeit möglich, durch die Nut 221 hindurchzutreten und zum Anschluß 214 zu gelangen. Vom Anschluß 214 fließt die Flüssigkeit in den 3.-Gang-Kreis 150 und wird in mehrere Richtungen abgegeben. In der einen Richtung fließt die in den 3.-Gang-Kreis eintretende Flüssigkeit zum Anschluß 278 des 4/3-Abfolgeventils 124 (Fig. 9). Die Flüssigkeit im 3.-Gang-Kreis 150 steht auch am Anschluß 408 des Kupplungsanlegeregelventils 112 an (Fig. 10).

Wie erwähnt, bleibt während einer 2-3-Schaltung der Magnetschalter für das Betätigungselement 418 auf AUS. Der Magnetschalter für das Kupplungsanlegeregelventil 112 gibt ein Hochdrucksignal ab. Im Ergebnis wird der Steuerkolben 420 linear in der Stellung gehalten, die in der Fig. 10 in dessen unterer Hälfte gezeigt ist. Mit der Verschiebung der Steuerkolben 190 und 420 des 1/2-Schaltventils 118 und des Kupplungsanlegeregelventils 112 fließt die Flüssigkeit vom Fahrkreis 175 zum Anschluß 184 des 1/2-Schaltventils 118 und durch die ringförmige Nut 195 in den Anschluß 185. Die zum Anschluß 185 des Ventils 118 geführte Flüssigkeit tritt in den 2.-Gang-Kreis 204 ein und wird in mehrere Richtungen abgegeben. In einer Richtung wird die Flüssigkeit zum Anschluß 374 des Ventils 110 geliefert. Während eines 2-3-Schaltvorganges wird das Betätigungselement 402 für das Ventil 110 von Aus auf EIN

geschaltet. Die Flüssigkeit von der Zuführleitung 152 wird daher daran gehindert, auf den Steuerkolben 387 einzuwirken.

Vom Anschluß 214 des Ventils 120 fließt die Flüssigkeit durch den 3.-Gang-Kreis 150 in verschiedene Richtungen. In einer Richtung fließt die Flüssigkeit zum Anschluß 278 des 4/3-Abfolgeventils 124, im hydraulischen Ventilblock eine weitere hydraulische Logik definierend. Im Ergebnis, und wie es für den Fachmann ersichtlich ist, wirkt das 4/3-Abfolgeventil 124 als hydraulische Verbindung zwischen dem B1-Kolben 69 und der Kupplung C1. Die Verschiebung des Steuerkolbens 282 des 4/3-Abfolgeventils 124 während eines 2-3-Schaltvorganges ist wie in der oberen Hälfte des Steuerkolbens in der Fig. 9 gezeigt. Mit dem so angeordneten Steuerkolben 282 wird die Flüssigkeit im 3.-Gang-Kreis vom Vorsprung 286 des Steuerkolbens 282 daran gehindert, in das 4/3-Abfolgeventil 124 einzutreten. Die Flüssigkeit im 3.-Gang-Kreis 150 fließt auch in eine Richtung, die zum Anschluß 408 des Kupplungsanlegeregelventils 112 führt. Wie erwähnt nimmt der Steuerkolben 420 bei ausgeschaltetem Betätigungselement 418 für das Ventil 112 die in der unteren Hälfte davon in der Fig. 10 gezeigte Stellung ein. Bei dem so angeordneten Steuerkolben 420 fließt die am Anschluß 408 angelangte Flüssigkeit über die ringförmige Nut 425 zum Anschluß 410, der sich zum Kupplungsanlegezuführkreis 288 öffnet. Vom Anschluß 410 wird der volle Leitungsdruck über den Kupplungsanlegezuführkreis 288 zur Kupplung C1 geführt, um diese anzulegen.

Vom Anschluß 410 des Ventils 112 wird der volle Leitungsdruck auch über den Kupplungsanlegezuführkreis 288 zum Anschluß 274 des Ventils 124 geführt (Fig. 9). Vom Anschluß 274 durchquert der volle Leitungsdruck die Nut 285 und liegt am Anschluß 276 an, der sich zur Leitung 266 öffnet. Die Leitung 266 liefert den vollen Leitungsdruck zum Anschluß 240 des Ventils 122 (Fig. 8). Mit dem wie oben verschobenen Steuerkolben 246 läuft die zum Anschluß 240 des Ventils 122 gelie-

ferte Flüssigkeit durch die Nut 253 und tritt in den Anschluß 242 ein. Der Anschluß 242 öffnet sich zum B1-Bandfreigabekreis 268.

Die in den Freigabekreis 268 eingeführte Flüssigkeit läuft in verschiedene Richtungen. In einer Richtung fließt die Flüssigkeit im Freigabekreis 268 zur Kammer 72 des Kolbens 69. Während eines 2-3-Schaltvorganges wirkt der Kolben 69 als "Druckspeicher" mit Fluidflüssen zu beiden Kammern 72 und 76, wie es für den Fachmann ersichtlich ist. Mit anderen Worten wird der Druck der Kupplung C1 durch das Bandanlegeregelventil 110 gesteuert, das den Fluidfluß in die Kammer 76 regelt. Wenn die Kupplung C1 angelegt und das Band B1 freigegeben wird, sind die rotierenden Getriebeelemente im Getriebezug 21, die von der Kupplung C1 und dem Band B1 gesteuert werden, in einem Zustand, der die Ausbildung des 3. Vorwärtsganges bewirkt. Nachdem der 3. Vorwärtsgang ausgebildet wurde, hält die ECU 450 den Magnetschalter für das Betätigungselement 402 des Ventils 110 auf EIN. In einer zweiten Richtung steht die in den Freigabekreis 268 eingeführte Flüssigkeit am Anschluß 280 des Ventils 124 an. Die in den Anschluß 280 eingeführte Bandfreigabeflüssigkeit hält zusammen mit der Wirkung der Feder 287 das Ventil 124 in der Stellung, die in der oberen Hälfte davon der Fig. 9 gezeigt ist.

Darüberhinaus wird der den vollen Leitungsdruck enthaltende Anschluß 410 des Ventils 112 zum Anschluß 289 des Ventils 126 geführt (Fig. 9). Die am Ventil 126 anliegende Flüssigkeit verschiebt zusammen mit der Wirkung der Feder 304 den Steuerkolben 296 in die Stellung, die bei der oberen Hälfte des Steuerkolbens in der Fig. 9 gezeigt ist. Mit dem so angeordneten Steuerkolben 296 des Ventils 126 fließt die Flüssigkeit vom Zuführkreis 152, die am Anschluß 290 anliegt, durch die Nut 291 und tritt in die Leitung 301 ein. Das entgegengesetzte Ende der Leitung 301 öffnet sich zum Betätigungselement 332 des Wandlerkupplungssteuerventils 116. Wie

aus der vorliegenden Beschreibung hervorgeht, kann die Sperrkupplung 30, falls vorhanden, nur im 3. oder 4. Gang in Eingriff kommen, da keine Betätigungsflüssigkeit zum elektromagnetischen Betätigungselement 332 geführt wird, das den Betrieb der Sperrkupplung 30 steuert, bis die Kupplung C1 betätigt oder angelegt wird.

Das Getriebe bleibt im dritten Vorwärtsgang, bis die Eingabesensoren der ECU mitteilen, daß ein automatisches Schalten in einen anderen Gang angesagt ist. Wenn die Sensoren feststellen, daß ein 3-2-Schaltvorgang an der Reihe ist, bestimmt die ECU 450 anhand der Fahrzeuggeschwindigkeit, welche Steuerungsart zu wählen ist. Eine typische 3-2-Steuerstrategie für Bandschaltübergänge ist, daß das Getriebe entweder eine Bandsteuer- oder eine Kupplungssteuerstrategie übernimmt. Es ist auch typisch, daß eine hohe Fahrzeuggeschwindigkeit einen 3-2-Herunterschaltvorgang mittels Kupplungssteuerstrategie bezüglich der Schaltqualität verschlechtert. Gleichmaßen verschlechtern niedrige Fahrzeuggeschwindigkeiten 3-2-Herunterschaltvorgänge bezüglich der Schaltqualität, wenn eine Bandsteuerstrategie verwendet wird. Durch die dem erfindungsgemäßen Schaltgefühlmodul 109 (Fig. 10) innewohnende Flexibilität und die Steueralgorithmen, die die ECU 450 führen, werden sowohl Band- als auch Kupplungssteuerstrategien verwendet, um einen qualitativ guten 3-2-Herunterschaltvorgang zu bewirken. Erfindungsgemäß werden jeweils die besten Aspekte beider Vorgehensweisen verwendet. Bei der vorliegenden Erfindung ist ein "Verbrennen" der Reibungselemente oder Einheiten, die an einem 3-2 Herunterschaltvorgang beteiligt sind, nur möglich, wenn die Betätigungselemente 222 und 402 oder 418 und 372 gleichzeitig defekt werden. Ersichtlich ist dies statistisch sehr unwahrscheinlich.

Wenn die Sensoren mitteilen, daß ein 3-2-Schaltvorgang angesagt ist, bestimmt die ECU 450 anhand der Fahrzeuggeschwindigkeit, welche Steuerart anzunehmen oder auszuwählen

ist. Wenn sich das Fahrzeug unterhalb eines programmierbaren Geschwindigkeitpunktes oder Pegels bewegt, wird eine C1-Kupplungs-Steuerart oder -strategie eingenommen, um das Herunterschalten zu bewirken. Wenn sich das Fahrzeug schneller bewegt als mit diesem programmierbaren Geschwindigkeitspunkt oder Pegel, wird zum Steuern des Herunterschaltens eine B1-Band-Steuerart oder -strategie verwendet. Wenn bei niedriger Fahrzeuggeschwindigkeit ein 3-2-Herunterschalten gewünscht ist, derart, daß die Kupplungssteuerstrategie verwendet wird, gibt die ECU 450 ein Ausgangssignal ab, um das Betätigungselement 418 auf EIN zu schalten oder zu ändern, während gleichzeitig der Druckänderungsmagnetschalter 372 eine Rampenfunktion durchläuft. Das Ausgangsprofil für den Magnetschalter 372 hat zur Folge, daß das Kupplungsanlegeregelventil 112 einen proportional von hohen zu niedrigen Werten gehenden Druck (Abwärtsrampe) an den Kupplungsanlagezuführkreis 288 und den B1-Bandfreigabekreis 268 abgibt. Durch das graduelle Verrin-
gern des Flüssigkeitsdrucks in den Kreisen 288 und 268 gleitet die Kupplung C1 weich FREI, während gleichzeitig das Band B1 weich angelegt wird, um einen Zustand im zweiten Vorwärts-Übersetzungsverhältnis zu erreichen. Der Schaltvorgang wird dann durch Ändern des Zustands des Betätigungselementes 418 für das Ventil 112 in AUS gleichzeitig mit dem Umschalten des Betätigungselementes 222 des 2/3-Schaltventils 120 auf EIN beendet. Wie zu ersehen ist, bringt das Umschalten des Zustands des Betätigungselementes 222 den Steuerkolben 218 des 2/3-Schaltventils 120 in eine Stellung, wie sie dafür in der oberen Hälfte der Fig. 8 gezeigt ist. Diese Bewegung des Steuerkolbens 218 öffnet den 3.-Gang-Kreis 150 zum Abgabean-
schluß X8 hin. Da das Betätigungselement 418 AUS ist, wird der Steuerkolben 420 des Kupplungsanlegeregelventils 112 hart darüber gehalten, wie es in der unteren Hälfte davon in der Fig. 10 gezeigt ist. Der Kupplungsanlagezuführkreis 288 ist daher fluidisch über den Anschluß 410 und 425 des Ventils 112

mit dem 3.-Gang-Kreis 150 verbunden. Der Kupplungsanlegezuführkreis 288 ist somit über den Abgabeanschluß X8 im 2/3-Schaltventil entleert (der Druck ist auf Null reduziert).

Wenn andererseits bei hoher Fahrzeuggeschwindigkeit ein 3-2-Schaltvorgang gewünscht wird, das heißt bei einer Geschwindigkeit über einem programmierbaren Geschwindigkeitspunkt, dann besitzt die ECU 450 die Flexibilität, eine Bandsteuerstrategie zum Bewirken des Herunterschaltens auszuwählen. Wenn zum Bewirken des Herunterschaltens eine Bandsteuerstrategie verwendet wird, gibt die ECU 450 ein Steuersignal aus, das in der Lage ist, den gegenwärtigen Zustand des Betätigungselementes 222 für das 2/3-Schaltventil auf EIN umzuschalten oder zu ändern. Gleichzeitig wird das Betätigungselement 402 für das Bandanlegeregelventil 110 auf EIN geschaltet. Gleichzeitig durchläuft auch der Druckänderungsmagnetschalter 372 eine Aufwärtsrampe, so daß der Ausgangsdruck davon graduell ansteigt. Da das Betätigungselement 402 des Ventils 110 auf EIN ist, gibt das Bandanlegeregeventil 110 einen Druck aus, der proportional zu dem des Druckänderungsmagnetschalters 372 ist, der seinerseits damit beginnt, den Kolben 69 mit Flüssigkeit zu beaufschlagen, die in die Kammer 76 fließt. Die Verschiebung des Kolbens 69, die sich aus dem Flüssigkeitsfluß in die Kammer 76 ergibt, veranlaßt die in der Kammer 72 vorhandene Flüssigkeit, zwangsweise rückwärts in den B1-Bandfreigabekreis 268 zu fließen. Da das Betätigungselement 222 des 2/3-Schaltventils 120 auf EIN ist, ist der Steuerkolben 218 des Ventils 120 so angeordnet, daß sich der 3.-Gang-Kreis 150 zur Abgabeöffnung X8 hin öffnet. Da der 3.-Gang-Kreis 150 fluidisch über das Kupplungsanlegeregelventil 112 mit dem B1-Bandfreigabekreis 268 verbunden ist, und da der Kupplungsanlegezuführkreis 288 fluidisch über die Leitung 266 und die Stellung des 3/4-Schaltventils 122 und des 4/3-Abfolgeventils 124 mit dem B1-Bandfreigabekreis in Verbindung steht, beginnt sich die Kupplung C1 über den Abgabean-

schluß X8 zu entleeren. Da die Anwendung des Kolbens 69 die Flüssigkeit aus der Kammer 72 drängt, wird im B1-Bandfreigabekreis 268 und dem Kupplungsanlegezuführkreis 288 gegen den Abgabeanschluß X8 ein Gegendruck aufgebaut. Dieser Gegendruck hält die Drehmomentkapazität in der Kupplung C1 aufrecht, bis der Kolben 69 das Band B1 vollständig derart angelegt hat, daß das 2. Vorwärts-Übersetzungsverhältnis ausgebildet ist.

Sollten andererseits die Sensoren der ECU 450 mitteilen, daß ein 3-4-Schaltvorgang angebracht ist, hält die ECU 450 den AUS-Zustand des Betätigungselementes 222 für das 2/3-Schaltventil aufrecht; schaltet den Zustand des Betätigungselementes 260 für das 3/4-Schaltventil 122 um; hält den Zustand des Betätigungselementes 418 für das Kupplungsanlegeregelventil 112 aufrecht und ändert den Zustand des Betätigungselementes 402 für das Bandanlegeregelventil 112 derart, wie es im folgenden beschrieben ist.

Durch Aufrechterhalten des AUS-Zustandes des Betätigungselementes 222 für das 2/3-Schaltventil 120 wird es der Flüssigkeit vom Magnetschalterzuführkreis 152 ermöglicht, durch den Anschluß 216 des Ventils 120 in die Leitung 226 zu fließen. Die durch die Leitung 226 fließende Flüssigkeit gelangt zum Anschluß 189 des 1/2-Schaltventils 118. Die so zum Ventil 118 gelieferte Flüssigkeit greift an der größeren Querschnittsfläche des Vorsprungs 200 derart an, daß der gegenwärtige logische Zustand des 1/2-Schaltventils 118 erhalten bleibt. Der Steuerkolben bleibt daher in der gleichen Stellung, die er während der 1-2- und der 2-3-Schaltung einnahm. Die Stellung des Steuerkolbens 190 während der 3-4-Schaltung wird durch die Stellung des Steuerkolbens 190 in dessen unterer Hälfte in der Fig. 8 gezeigt. Mit dem so angeordneten Steuerkolben 190 fließt die Flüssigkeit aus dem Fahrkreis schließlich zum Anschluß 374 des Bandanlegeregelventils 110 und zum Anschluß 212 des Ventils 120.

Während eines 3-4-Schaltvorganges ändert, wie erwähnt, die ECU 450 den Zustand des Magnetschalters für das Betätigungselement 160 des Ventils 122 von EIN nach AUS. Die durch die Zuführleitung 152 zum Magnetschalter für das Betätigungselement 260 fließende Flüssigkeit wird daher abgesperrt, und der Anschluß 244 wird durch den Magnetschalter geöffnet. Bei ausgeschaltetem Betätigungselement 260 verschieben die auf den Steuerkolben 246 des Ventils 122 einwirkenden Flüssigkeitskräfte den Steuerkolben 246 linear in eine Position, wie sie in der oberen Hälfte davon in der Fig. 8 gezeigt ist. Wenn der Steuerkolben 246 des Ventils 122 so angeordnet ist, wird durch den Fahrkreis 175 zum Anschluß 232 des Ventils 122 fließende Flüssigkeit durch den Vorsprung 248 des Steuerkolbens 246 abgesperrt. Darüberhinaus ist bei dem so verschobenen Steuerkolben 246 des Ventils 122 der Freilaufkreis 262 offen, um den Anschluß X10 derart zu entleeren, daß die Freilaufkupplung C4 im 4. Vorwärtsgang freigegeben wird; und daß der Bandfreigabekreis 268 offen ist, um den Anschluß X11 zu öffnen, um das Band B1 anzulegen.

Darüberhinaus wird während einer 3-4-Hochschaltung der Magnetschalter des Betätigungselementes 402 für das Ventil 110 am Beginn der Schaltung auf EIN und bei deren Ende auf AUS geschaltet. Gleichzeitig erhält der Druckänderungsmagnetschalter 372 von der ECU 450 ein elektrisches Stromsignal von einer Größe und Dauer, die durch die Schaltqualitätssoftware bestimmt wird. Der Magnetschalter 372 wandelt diesen Strom in ein umgekehrt proportionales hydraulisches Drucksignal um, das über den Druckänderungskreis zum Anschluß 380 des Ventils 110 geliefert wird. Wenn der Magnetschalter für das Betätigungselement 402 des Ventils 110 auf EIN geschaltet wird, wird die Flüssigkeit im Magnetschalterzuführkreis 152 davon abgehalten, zum Regelventil 110 zu gelangen, und das Ausgangssignal des Druckänderungsmagnetschalters 372 übernimmt die Steuerung des Ventils 110. Beim Durchlaufen des Druckänderungsmagnetschal-

ters durch eine Niederdruck-Rampenfunktion und mit dem auf EIN stehenden Magnetschalter für das Betätigungselement 402 liefert das Bandregelventil 110 ein proportional erniedrigtes Flüssigkeitsdrucksignal zum Band B1, wodurch das Band B1 so angelegt wird, daß ein "weicher" Schaltvorgang erfolgt. Am Ende einer programmierbaren Zeitspanne wird der Magnetschalter für das Betätigungselement 402 des Ventils 110 gleichzeitig mit dem Hochlaufen des Druckänderungsmagnetschalters 372 auf seinen maximalen Druck auf AUS geschaltet. Wie schon erläutert, gelangt durch das Ausschalten des Magnetschalters für das Betätigungselement 402 hoher Druck durch den Magnetschalter und treibt den Steuerkolben 382 in eine Stellung, wie sie bei der unteren Hälfte davon in der Fig. 10 gezeigt ist.

Mit dem so verschobenen Steuerkolben 382 des Ventils 110 kann die durch den 2.-Gang-Kreis 204 zum Anschluß 374 des Ventils 110 fließende Flüssigkeit durch die ringförmige Nut 381 laufen und in den Anschluß 376 eintreten. Vom Anschluß 376 fließt die Flüssigkeit in und durch den Bandanlegezuführkreis 202 und schließlich zur Kammer 76 des Eingriffselementes 69. Dies stellt sicher, daß das Ausgangssignal des Ventils 110 zum Band 69 genügend erhöht ist, um ein Schleifen des Bandes B1 zu beenden. Vom Anschluß 376 des Ventils 110 läuft die Flüssigkeit auch durch den Bandanlegezuführkreis 202 zum Anschluß 182 des 1/2-Schaltventils 118, so daß der Steuerkolben 190 in seiner verschobenen Stellung gehalten wird, wie es in der unteren Hälfte davon in der Fig. 8 gezeigt ist. Wenn der Magnetschalter für das Betätigungselement 402 das Leitungsdrucksignal zum Steuerkolben 382 des Ventils 110 nicht umschaltet, bewirkt der Druckänderungsmagnetschalter 372 dadurch die gleiche Funktion, daß er nach Beendigung des Schaltvorganges auf seinen maximalen Druck hochläuft.

Neben dem Fluß zu dem Bandanlegeregelventil 110 ermöglicht es der verschobene Zustand des Steuerkolbens 190 des Ventils 118, daß Fahrleitungsflüssigkeit vom Anschluß 184 über

die Nut 195 zum Anschluß 185 und von dort zum Anschluß 212 des Ventils 120 fließt. Da während eines 3-4-Schaltvorganges das Betätigungselement 222 im EIN-Zustand bleibt, ermöglicht es der Steuerkolben 218 des Ventils 120, daß die Flüssigkeit vom Anschluß 212 durch die ringförmige Nut 221 fließt und in den Anschluß 214 eintritt. Vom Anschluß 214 fließt die Flüssigkeit in den 3.-Gang-Kreis 150.

Wie erwähnt, fließt die Flüssigkeit im 3.-Gang-Kreis 150 in mehrere Richtungen. In einer Richtung gelangt die im 3.-Gang-Kreis 150 fließende Flüssigkeit zum Anschluß 408 des Kupplungsanlegeregelventils 112 (Fig. 10). Während eines 3-4-Schaltvorganges wird das Betätigungselement 418 auf AUS gehalten. Das Betätigungselement 418 ermöglicht es daher, daß Flüssigkeit mit hohem Druck derart am Steuerkolben 420 angreift, daß der Steuerkolben 420 in der in der unteren Hälfte davon in der Fig. 10 gezeigten Stellung gehalten wird. Bei dem so angeordneten Steuerkolben 420 des Ventils 112 fließt die Flüssigkeit vom Anschluß 408 des Ventils 112 durch die ringförmige Nut 425 und tritt durch den Anschluß 410 in den Kupplungsanlegezuführkreis 288 ein. Die durch den Kupplungsanlegezuführkreis 288 fließende Flüssigkeit gelangt zur Kupplung C1, so daß die Kupplung C1 angelegt bleibt. Mit dem derart betätigten Eingriffselement 69, daß das Band B1 angelegt wird und die Kupplung C1 angelegt bleibt, werden die von der Kupplung C1 und dem Band B1 gesteuerten, rotierenden Getriebeelemente im Getriebezug 21 in einen Zustand versetzt, der das 4. Vorwärts-Übersetzungsverhältnis bewirkt.

Die Flüssigkeit im 3.-Gang-Kreis fließt auch zum Anschluß 278 des Ventils 124 (Fig. 9). Wie aus der Fig. 10 ersichtlich ist, fließt neben dem in-Eingriff-Halten der Kupplung C1 die Flüssigkeit vom Kupplungsanlegezuführkreis 288 auch zum Anschluß 272 des Ventils 124. Die auf den Steuerkolben 282 des Ventils 124 einwirkenden Flüssigkeitskräfte bewirken eine lineare Verschiebung, wie sie in der unteren Hälfte davon in

der Fig. 9 gezeigt ist, derart, daß die hydraulische Logik der vorliegenden Erfindung im 4. Vorwärtsgang geändert wird. Mit dem im 4. Vorwärtsgang verschobenen Ventil 124 ist die Fluidverbindung zwischen dem Band B1 und der Kupplung C1 bedeutungslos. Bei dem so angeordneten Steuerkolben 282 fließen die Flüssigkeiten im 3.-Gang-Kreis 150 vom Anschluß 278 durch die Nut 285 zum Anschluß 276. Vom Anschluß 276 fließt die Flüssigkeit durch die Leitung 266 zum Anschluß 240 des Ventils 122 (Fig. 8). Am Anschluß 240 des Ventils 122 wird die Flüssigkeit durch die Stellung des Vorsprungs 252 am Steuerkolben 246 am Eintreten gehindert. Mit dem so angeordneten Steuerkolben 246 des Ventils 122 ist darüberhinaus der B1-Bandfreigabekreis 268 zum Abgabeanschluß X11 offen. Die Kammer 72 des Kolbens 69 kann sich daher entleeren, so wie die Flüssigkeiten am einen Ende des Ventils 124 gleichfalls über den Anschluß X10 abfließen können. Der verschobene Zustand des Steuerkolbens 246 ermöglicht auch eine Verbindung zwischen den Anschlüssen 236 und 238 des Ventils 122. Wie ersichtlich, fließt die Flüssigkeit im Bandanlegezuführkreis 202 somit schließlich zur Kammer 77 des Kolben 69, um zur Eingriffswirkung des Elements B1 beizutragen.

Zusätzlich steht die Flüssigkeit des Kupplungsanlegezuführkreises 288 auch am Anschluß 289 des Ventils 126 an. Im 4. Vorwärtsgang hält diese Flüssigkeit zusammen mit der gleichzeitigen Wirkung der Feder 304 den Steuerkolben 296 des Ventils 126 linear verschoben, wie es bei der oberen Hälfte davon in der Fig. 9 gezeigt ist. Mit dem so verschobenen Steuerelement 296 fließt die Flüssigkeit in der Magnetschalterzuführung 152 durch die Nut 291 zum Anschluß 292 und durch die Leitung 301 zum Magnetschalter für das Betätigungselement 332. Wie erwähnt, erlaubt die am Betätigungselement 332 anliegende Flüssigkeit den Betrieb der Sperrkupplung 30 im 3. und 4. Vorwärtsgang.

Das Getriebe bleibt im vierten Vorwärtsgang, bis die Eingabesensoren der ECU 450 mitteilen, daß ein automatisches Schalten in einen anderen Gang angebracht ist. Wenn die Sensoren feststellen, daß ein 4-3-Schaltvorgang angebracht ist, schaltet die ECU den Magnetschalter 402 des Ventils 110 auf EIN. Gleichzeitig durchläuft der Druckänderungsmagnetschalter 372 eine Rampenfunktion von hohen zu niedrigen Werten. Da das Betätigungselement 402 des Ventils 110 auf EIN ist, übernimmt der Flüssigkeitsdruck des Druckänderungsmagnetschalters, der im Druckänderungskreis 400 vorliegt, die Steuerung des Bandanlegeregelventils 110. Das Regelventil 110 gibt daher ein proportionales Hoch-Tief-Druckprofil an den Bandanlegezuführkreis 202 aus. Der Druck im Kreis 202, der auch in den Kammern 76 und 77 des Kolbens 69 ansteht, läßt das Band B1 durch die Abwärtsrampe weich in den AUS-Zustand gleiten. Der 4-3-Schaltvorgang wird dadurch von der ECU beendet, daß gleichzeitig das Betätigungselement 260 des 3/4-Schaltventils 122 ausgeschaltet wird; daß das Betätigungselement 402 für das Bandanlegeregelventil 110 ausgeschaltet wird; und daß der Druckänderungsmagnetschalter 372 auf seinen maximalen Druck hochläuft. Wie bei den anderen Schaltvorgängen kann ein Verbrennen der mit einer 4-3-Schaltung verbundenen Reibungselemente nur auftreten, wenn die Betätigungselemente 260 und 402 und der Druckänderungsmagnetschalter 372 defekt sind. Wie bei den anderen Schaltvorgängen ist dies statistisch sehr unwahrscheinlich.

Das Ausschalten des Betätigungselementes 260 des 3/4-Schaltventils 122 während einer 4-3-Schaltung veranlaßt eine lineare Verschiebung des Steuerkolbens 246 des Ventils 122 (Fig. 8) in eine Stellung, wie sie in der unteren Hälfte davon in der Fig. 8 gezeigt ist. In dieser Stellung ermöglicht es der Steuerkolben 246, daß die Leitung 266 über die Anschlüsse 240 und 242 des 3/4-Schaltventils 122 (Fig. 8) mit dem B1-Bandfreigabekreis 268 in Verbindung steht. Der Steuerkolben 282 des 4/3-Abfolgeventils 124 ermöglicht es, wenn er wie in

der unteren Hälfte davon in der Fig. 9 gezeigt angeordnet ist, daß der 3.-Gang-Kreis mit der Leitung 266 in Verbindung steht. Die Leitung 266 erhält daher vom 3.-Gang-Kreis Flüssigkeit zugeführt, die dann über das 3/4-Schaltventil 122 zum Bl-Bandfreigabekreis 268 gegeben wird. Die Flüssigkeit im Freigabekreis 268 fließt in zwei Richtungen. In der einen Richtung fließt die Flüssigkeit im Freigabekreis 268 zum Anschluß 280 des 4/3-Abfolgeventils 124, um als Eingangssignal zu wirken. In der anderen Richtung fließt die Flüssigkeit im Freigabekreis 268 in die Kammer 72 des Kolbens 69. Der Flüssigkeitsdruck im Freigabekreis 268 verschiebt den Kolben 69 hydraulisch, um den Kolben in der AUS-Stellung zu verriegeln, wie es in der Fig. 3 gezeigt ist. Bei der Verschiebung des Kolbens 69 an die maximal mögliche Grenze steigt der Flüssigkeitsdruck im Freigabekreis 268 auf einen Pegel oder Wert, der den Druck im Kupplungsanlegezuführkreis 288 erreicht. Wie in der Fig. 9 gezeigt, öffnet sich der Kupplungsanlegezuführkreis 288 zu den Anschlüssen 272 und 274 des 4/3-Abfolgeventils 124. Wenn der Druck im Freigabekreis 268 den Druckpegel oder -wert im Kupplungsanlegekreis 288 erreicht, verschiebt die Feder 287 den Steuerkolben 282 des Ventils 124 in die bei der oberen Hälfte davon in der Fig. 9 gezeigte Stellung. Mit dem so angeordneten Steuerkolben 282 des Ventils 124 steht der Kupplungsanlegezuführkreis 288 mit der Leitung 266 in Verbindung. Die Leitung 266 liefert die Flüssigkeit vom Kupplungsanlegezuführkreis über das 3/4-Schaltventil 122 zum Bl-Bandfreigabekreis 268. Die Verbindung des Kupplungsanlegezuführkreises 288 mit dem Freigabekreis 268 ermöglicht es, daß ein folgender 3/2-Herunterschaltvorgang bewirkt werden kann. Darüberhinaus ergibt die Verbindung des Kupplungsanlegezuführkreises 288 mit dem Freigabekreis 268 vor dem Freiwerden des Kolbens 69 einen Druckabfall in der Kupplungsanlegezuführmündung 600, die in der Fig. 10 gezeigt ist, und einen Flüssigkeitsbedarf des freiwerdenden Kolbens 69. Dieser Druckabfall im Kupplungsanlegezuführkreis

kann ein Rutschen der Kupplung C1 erzeugen. Verständlicherweise ist dies nicht erwünscht. Die Logik und der Zweck des 4/3-Abfolgeventils kann daher leicht verstanden werden. Die Logik und der Zweck des 4/3-Abfolgeventils ist es, hydraulisch den Kolben 69 in die AUS-Stellung zu bringen, ohne daß ein Druckabfall im Kupplungsfreigabekreis 288 erfolgt.

Der Fachmann ersieht somit, daß sowohl Hoch- als auch Herunterschaltvorgänge durch Positionieren der Schaltventile 118, 120 und 122 mittels der Betätigungselemente 222 und 260 in Verbindung mit dem Ansteuern des Band- und/oder Kupplungsanlegeregelventils 110, 112 durch den Druckänderungsmagnetschalter 372 mittels der Betätigungselemente 402 und 418 gesteuert werden. Die Positionierung der Schaltventile dient dazu, den "Zuführdruck" zu den Band- und Kupplungsanlegeventilen entweder anzulegen oder zu beseitigen. Das Einschalten der Betätigungselemente 402 und 418 ermöglicht es dem Druckänderungsmagnetschalter 372, das Band- und das Kupplungsregelventil 110 bzw. 112 zu steuern, wodurch ein proportionaler Druck an das Band B1 und die Kupplung C1 abgegeben wird. Das Ausschalten der Betätigungselemente 402 und 418 ermöglicht es dem hohen Druck im Magnetschalterzuführkreis 152, den Band- und Kupplungsregelventilen 110 und 112 zu signalisieren, einen proportional hohen Druck an das Band und die Kupplung auszugeben. Auf eine redundante Weise, die ein Verbrennen der Reibungseinheiten verhindert, läuft der Druckänderungsmagnetschalter 372 am Ende des Schaltvorganges auf seinen maximalen Druck hoch, um die gleiche Funktion zu bewirken.

Es wird nun die Arbeitsweise der Sperrkupplung beschrieben. Die den Anschluß 131 des Regelventils 102 verlassende Flüssigkeit tritt in den Wandlerkupplungszuführkreis 125 ein. Die Flüssigkeit im Zuführkreis 125 erscheint am Anschluß 310 des Wandlerkupplungssteuerventils 116. Wie erwähnt, wird die lineare Anordnung des Steuerkolben 320 des Ventils 116 durch die darauf einwirkenden Flüssigkeitskräfte beeinflusst. An dem

einen Ende öffnet sich die Magnetschalterzuführleitung 152 zu einem Ende des Steuerkolbens derart, daß darauf eine verschiebende Wirkung ausgeübt wird. Das Ausgangssignal des Betätigungselementes 332 neigt dazu, den Steuerkolben des Ventils 116 in die andere Richtung zu drängen. Wenn der Magnetschalter für das Betätigungselement 332 AUS ist, drängt die Flüssigkeit in der Zuführleitung 152 den Steuerkolben 320 in die Stellung, die bei der oberen Hälfte des Steuerkolbens in der Fig. 7 gezeigt ist. Mit dem so angeordneten Steuerkolben 320 des Ventils 116 durchquert die Flüssigkeit des Wandlerzuführkreises 125 vom Anschluß 310 des Ventils 116 die ringförmige Nut 323 und erscheint am Anschluß 308. Vom Anschluß 308 des Ventils 116 wird die Flüssigkeit schließlich zur Freigabekammer 33 der Sperrkupplung 30 geliefert, so daß die Kupplung 30 außer Betrieb bleibt.

Außer daß sie eine verschiebende Wirkung auf den Steuerkolben 320 des Ventils 116 ausübt, fließt die Flüssigkeit der Magnetschalterzuführleitung durch die axiale Bohrung 321 des Steuerkolbens und verläßt den radial diese schneidenden Anschluß 319. Der Fluidabgabeananschluß 319 des Ventils 116 geht in die Fluidleitung 346 über und wird schließlich zum Anschluß 354 des Wandlerkupplungsregelventils 114 geführt.

Wie die anderen Ventile im hydraulischen Ventilblock der vorliegenden Erfindung, wird auch der Steuerkolben 356 des Ventils 114 als Funktion der darauf einwirkenden Flüssigkeitskräfte linear verschoben. Mit dem so verschobenen Ventil 114 wird das Ausgangssignal mit veränderlichem Druck des Druckänderungsmagnetschalters 372 an ein Ende des Steuerkolbens 356 angelegt. Durch Muiltplexen des Ausgangssignals des Druckänderungsmagnetschalters 372 zum Ventil 114 wird die lineare Stellung des Steuerkolbens 356 derart gesteuert, daß eine "weiche" oder hochwertige Betätigung der Sperrkupplung 30 erhalten wird. Wenn das Ausgangssignal des Magnetschalters 372 genügend erhöht ist, nimmt der Steuerkolben 356 des Ventils 114 eine

lineare Position ein, wie sie in der oberen Hälfte davon in der Fig. 7 gezeigt ist. Mit dem so angeordneten Steuerkolben 356 des Ventils 114 durchläuft die Flüssigkeit vom Anschluß 354 die ringförmige Nut 359 und tritt in den Anschluß 352 ein. Vom Anschluß 352 des Ventils 114 fließt die Flüssigkeit in den Regelanlegezuführkreis 344 und schließlich zum Anschluß 316 des Ventils 116. Wenn das Betätigungselement 332 auf AUS ist, verhindert der Vorsprung 328 am Steuerkolben 320 des Ventils 116 einen weiteren Fluß der Flüssigkeit zur Sperrkupplung 30.

Wenn der Magnetschalter für das Betätigungselement 332 seinen Zustand von AUS auf EIN ändert, fließt Flüssigkeit von der Leitung 301 derart zum Ende des Steuerkolbens 320, daß die lineare Stellung des Steuerkolbens 320 verschoben wird. Trotz des verschobenen Zustands des Steuerkolbens 320 fließt weiter Flüssigkeit von der Zuführleitung durch die axiale Bohrung 321 und den radialen Anschluß 319 in die Leitung 346, über den Steuerkolben 356 des Ventils 114 und erscheint am Anschluß 316. Wegen des verschobenen Zustands des Steuerkolbens 320 des Ventils 116 fließt die am Anschluß 316 erschienene Flüssigkeit über die Nut 327 und erscheint am Anschluß 314. Vom Anschluß 314 wird die Flüssigkeit an die Betätigungskammer 31 der Sperrkupplung 30 angelegt. Darüberhinaus verbindet der verschobene Zustand des Steuerkolbens 320 die Freigabekammer 33 der Sperrkupplung 30 mit dem Abgabeanschluß X16. Der verschobene Zustand des Steuerkolbens 320 des Ventils 116 ermöglicht es auch, daß der Anschluß 310 über die Nut 325 mit dem Anschluß 312 in Verbindung steht. Wenn der Steuerkolben 320 daher so angeordnet ist, wie es in der unteren Hälfte in der Fig. 7 zu sehen ist, liefert der Wandlerzuführkreis 125 Flüssigkeit zum Kühler 340. Die Sperrkupplung bleibt in Eingriff, bis das Betätigungselement 332 erneut den Zustand ändert. Wie erwähnt, wird der Sperrzustand der Kupplung 30 durch die Schaltschemasoftware 466 und insbesondere die Magnetschaltersteuerung 486 gesteuert. Wenn das Betätigungselement 332

seinen Zustand ändert, wird das Flüssigkeits-Ausgangsdrucksignal vom Betätigungselement 332 vom Ende des Steuerkolbens 320 genommen, und die auf das entgegengesetzte Ende einwirkenden Flüssigkeitskräfte veranlassen, daß der Steuerkolben 320 in die andere Position zurückkehrt. In der anderen Position wird die Freigabekammer 33 aktiviert und die Kupplung 30 freigegeben.

Die insoweit beschriebenen Gangwechselvorgänge wurden als aufeinanderfolgende oder einstufige Schaltvorgänge (z.B. 1-2, 2-3, 3-4, 4-3, 3-2 und 2-1) dargestellt. Es ist jedoch für ein Getriebe sehr wünschenswert, die Möglichkeit für "SPRUNGSCHALTUNGEN" aufzuweisen, damit die Getriebereaktionen den Wünschen des Benutzers entsprechen. Aufgrund der Flexibilität des erfindungsgemäßen Steuersystems können "Sprungschaltungen" leicht erhalten werden. Erfindungsgemäß werden "SPRUNGSCHALTUNGEN" (1-3, 1-4, 2-4, 4-2, 4-1 und 3-1-Schaltungen) auf genau die gleiche Weise wie aufeinanderfolgende Schaltungen ausgeführt. Aufgrund der Flexibilität des Schaltgefühlmoduls 109 und der Steueralgorithmen, die die ECU 450 steuern, können alle Schaltvorgänge, aufeinanderfolgend oder überspringend, leicht und schnell erhalten werden, während eine ausreichende "Redundanz" und Störungssicherheit für kommerzielle Anwendungen und die Zuverlässigkeit vorliegt. Aus Gründen der Kürze und Klarheit werden nur die Änderungen in den Betriebszuständen der Betätigungselemente beschrieben, um die Methode zum Erreichen von "Schaltsprüngen" zusammenzufassen.

Ein 1-3-Schaltsprung kann dadurch eingeleitet werden, daß gleichzeitig die Betätigungselemente 260 und 222 für die 3/4- und 2/3-Schaltventile 122 und 120 auf AUS geschaltet werden; die Betätigungselemente 402 und 418 für die Kupplungs- und Bandanlegeregelventile 112 und 110 auf EIN geschaltet werden; und daß der Druckänderungsmagnetschalter 372 eine Aufwärtsschleife durchläuft. Die Beendigung eines 1-3-Schaltsprungs kann durch gleichzeitiges Schalten der Betätigungselemente 402 und

418 für die Band- und Kupplungsanlegeregelventile 110 und 112 auf AUS und dem Hochlaufen des Druckänderungsmagnetschalters 372 auf seinen maximalen Druck bewirkt werden.

Ein 1-4-Schaltsprung kann dadurch eingeleitet werden, daß gleichzeitig das Betätigungselement 222 für das 2/3-Schaltventil 120 auf AUS geschaltet wird; die Betätigungselemente 402 und 418 für die Kupplungs- und Bandanlegeregelventile 112 und 110 auf EIN geschaltet werden; und daß der Druckänderungsmagnetschalter 372 eine Aufwärtsrampe durchläuft. Die Beendigung eines 1-4-Schaltsprungs kann durch gleichzeitiges Schalten der Betätigungselemente 402 und 418 für die Band- und Kupplungsanlegeregelventile 110 und 112 auf AUS und dem Hochlaufen des Druckänderungsmagnetschalters 372 auf seinen maximalen Druck bewirkt werden.

Ein 2-4-Schaltsprung kann dadurch eingeleitet werden, daß gleichzeitig das Betätigungselement 222 für das 2/3-Schaltventil 120 auf AUS geschaltet wird; das Betätigungselement 260 für das 3/4-Schaltventil 122 auf EIN geschaltet wird; das Betätigungselement 418 für das Kupplungsanlegeregelventil 112 auf EIN geschaltet wird; und daß der Druckänderungsmagnetschalter 372 eine Aufwärtsrampe durchläuft. Die Beendigung eines 2-4-Schaltsprungs kann durch gleichzeitiges Schalten des Betätigungselements 418 für das Kupplungsanlegeregelventil 112 auf AUS und dem Hochlaufen des Druckänderungsmagnetschalters 372 auf seinen maximalen Druck bewirkt werden.

Ein 4-2-Schaltsprung kann dadurch eingeleitet werden, daß das Betätigungselement 418 für das Kupplungsanlegeregelventil 112 auf EIN geschaltet wird; und daß der Druckänderungsmagnetschalter 372 eine Abwärtsrampe durchläuft. Die Beendigung eines 4-2-Schaltsprungs kann durch gleichzeitiges Schalten des Betätigungselementes 260 für das 3/4-Schaltventil 122 auf AUS; des Betätigungselementes 222 für das 2/3-Schaltventil 120 auf EIN; des Betätigungselementes 418 für das Kupplungsanlegeregelventil 112 auf AUS und dem Hochlaufen des Druckänderungs-

magnetschalters 372 auf seinen maximalen Druck bewirkt werden.

Ein 4-1-Schaltsprung kann dadurch eingeleitet werden, daß gleichzeitig das Betätigungselement 402 für das Bandanlegeregelventil 110 auf EIN geschaltet wird; das Betätigungselement 418 für das Kupplungsanlegeregelventil 112 auf EIN geschaltet wird; und daß der Druckänderungsmagnetschalter 372 eine Abwärtsrampe durchläuft. Die Beendigung eines 4-1-Schaltsprungs kann durch gleichzeitiges Schalten des Betätigungselementes 222 für das 2/3-Schaltventil 120 auf EIN; der Betätigungselemente 402, 418 für das Band- und das Kupplungsanlegeregelventil 110 bzw. 112 auf AUS und dem Hochlaufen des Druckänderungsmagnetschalters 372 auf seinen maximalen Druck bewirkt werden.

Ein 3-1-Schaltsprung kann dadurch eingeleitet werden, daß gleichzeitig das Betätigungselement 402 für das Bandanlegeregelventil 110 auf EIN geschaltet wird; das Betätigungselement 418 für das Kupplungsanlegeregelventil 112 auf EIN geschaltet wird; und daß der Druckänderungsmagnetschalter 372 eine Abwärtsrampe durchläuft. Die Beendigung eines 3-1-Schaltsprungs kann durch gleichzeitiges Schalten der Betätigungselemente 260 und 222 für das 3/4- und das 2/3-Schaltventil 122 bzw. 120 auf EIN; der Betätigungselemente 402, 418 für das Band- und das Kupplungsanlegeregelventil 110 bzw. 112 auf AUS und dem Hochlaufen des Druckänderungsmagnetschalters 372 auf seinen maximalen Druck bewirkt werden.

Wenn der Bediener das manuelle Ventil 106 in die Stellung "3" oder "2" bewegt (Fig. 16), bleibt der Fahrkreis 175 wie oben beschrieben aktiv. Das heißt, das Getriebe arbeitet auf die gleiche Weise wie oben, ist jedoch in der Hochschaltfähigkeit eingeschränkt. Wenn der Bediener das manuelle Ventil 106 in die Stellung "3" bewegt, arbeitet das Getriebe im Bereich der Gänge 1-2, 2-1, 1-3, 3-1, 2-3 und 3-2 genauso, als wenn die "D"- oder Fahrstellung gewählt worden wäre. Wegen des Eingangssignals vom Sensor 454 erlaubt die ECU 450 kein Hoch-

schalten in den vierten Gang. Sollte der Bediener das manuelle Ventil 106 in die Stellung "2" bewegen, ist das Getriebe in seinem Betrieb auf die Gangwechsel 1-2 und 2-1 beschränkt. Wieder signalisiert der Eingabesensor 454 der ECU 450, daß der Getriebebetrieb im Gangbereich über dem zweiten Vorwärtsgang unterdrückt wird, wenn der Bediener am manuellen Ventil 106 die "2" wählt.

Wie am besten aus der Fig. 16 hervorgeht, fließt der regulierte Leitungsdruck, der zum Anschluß 166 des Ventils 106 geführt wird, über die Nut 173 des Steuerkolbens 164 zwischen den Vorsprüngen 172 und 174 und tritt an den Anschlüssen 167 und 169 des Ventils 106 aus, wenn der Bediener das manuelle Ventil 106 in die Stellung "1" oder "Langsam" bewegt. Vom Anschluß 167 gelangt die druckregulierte Leitungsflüssigkeit in den Fahrkreis 175 und schließlich zur Kupplung C2, derart, daß diese angelegt wird. Wenn sich das manuelle Ventil 106 in der Stellung "1" oder "Langsam" befindet, sind die beiden Magnet-schalter für das Betätigungselement 260 des 3/4-Schaltventils 122 und das Betätigungselement 222 für das 1/2-Schaltventil 120 auf EIN. Das Fahrzeug kann daher nicht hochschalten. Darüberhinaus sind die Steuerkolben 246 und 218 der Ventile 122 und 120 so angeordnet, wie es jeweils in der oberen Hälfte davon in der Fig. 8 gezeigt ist. Mit dem Ventil 120 und 122 auf EIN veranlassen die hydraulischen Kräfte auf das 1/2-Schaltventil 118, daß der Steuerkolben 190 davon die Stellung einnimmt, wie es bei der oberen Hälfte davon in der Fig. 8 gezeigt ist. Mit dem so angeordneten Steuerkolben 190 des Ventils 118 ist die Flüssigkeit im Fahrkreis durch den Vorsprung 194 am Anschluß 184 des Ventils 118 blockiert. Auch ist mit dem so angeordneten Steuerkolben 246 des Ventils 122 die Flüssigkeit im Fahrkreis 175 durch den Vorsprung 248 des Steuerkolben 246 am Anschluß 232 blockiert.

Wenn sich das manuelle Ventil 106 in der Stellung "1" oder "Langsam" befindet, wird der regulierte Leitungsdruck zum

Anschluß 169 des Ventils 106 geliefert. Vom Anschluß 169 tritt die Flüssigkeit in den Langsamkreis 177 ein. Wie am besten aus der Fig. 8 ersichtlich ist, öffnet sich der Langsamkreis 177 an dem dem Anschluß 170 entgegengesetzten Ende zum Anschluß 188 des 1/2-Schaltventils 118. Mit dem in der Ansicht der Fig. 8 unter dem Einfluß des Magnetschalterzuführdrucks, der von der Zuführleitung 152 zu dem einen Ende des Ventils 118 geführt wird, nach rechts verschobenen Ventil 118 fließt die Flüssigkeit vom Anschluß 188 über die Nut 197 und tritt in den Anschluß 186 ein. Vom Anschluß 186 fließt die Flüssigkeit in den Langsam-1.-Kreis 206. Der Langsam-1.-Kreis 206 dient dazu, die Flüssigkeit zur Kammer 91 des Servoelements 71 zu führen, wodurch der Kolben 88 verschoben wird und damit das Band B2 angelegt wird. Der Langsam-1.-Kreis führt, wie in der Fig. 9 gezeigt, die Flüssigkeit zur Kupplung C4, derart, daß diese angelegt wird. Es ist somit ersichtlich, daß, wenn das manuelle Ventil 106 anfänglich in entweder die "1"- oder "Langsam"-Stellung bewegt wird, die Kupplungen C2 und C4 und das Band B2 angelegt werden. Wie oben beschrieben, arbeitet das Getriebe im ersten Vorwärts-Übersetzungsverhältnis, wenn die Kupplungen C2 und C4 und das Band B2 angelegt werden. Wenn der Bediener die "D"- oder Fahrstellung wählt, ist normalerweise der Freilauf 63 wirksam, um die Betriebsbedingung für das erste Vorwärts-Übersetzungsverhältnis zu erhalten. Im Gegensatz dazu wird das Band B2 dazu verwendet, die Betriebsbedingung für das erste Vorwärts-Übersetzungsverhältnis zu erhalten, wenn der Bediener den Betrieb des Getriebes entweder in der "1"- oder der "Langsam"-Stellung wählt.

Patentansprüche

1. Steuersystem für das automatische Getriebe eines Fahrzeugs mit einem Motor (10), der ein Drehmoment erzeugen kann, wobei das Getriebe (20) eine Eingangswelle (32) und eine Ausgangswelle (26) und ein Räderwerk für mehrere Übersetzungen mit einer Anzahl von rotierenden Elementen (50, 54, 58, 60, 66) aufweist, die mit den Wellen verbunden und dazwischen angeordnet sind, wobei das Räderwerk eine Anzahl von Kupplungsanordnungen (C1-C4) zum Steuern der relativen Bewegung einiger der Elemente des Räderwerks, um innerhalb des Getriebes vorgegebene Übersetzungsverhältnisse zu bilden und aufzuheben, und eine Anzahl von Bandanordnungen (B1, B2) zum Steuern der relativen Bewegung anderer Elemente des Räderwerks beinhaltet, die mit den Kupplungsanordnungen zusammenwirken, um innerhalb des Getriebes andere vorgegebene Übersetzungsverhältnisse zu bilden und aufzuheben, und wobei das Steuersystem umfaßt

eine Quelle (110) für Betriebsflüssigkeit;

ein Leitungsnetz, das einzeln die Quelle für die Betriebsflüssigkeit mit jeder der Kupplungs- und Bandanordnungen verbindet;

ein Schaltventil (118), das in Reaktion auf darauf einwirkende Flüssigkeitsdruckunterschiede positionierbar ist, wobei die lineare Position des Schaltventils die Verteilung der Betriebsflüssigkeit durch das Leitungsnetz zu den Kupplungs- und Bandanordnungen steuert;

elektronisch gesteuerte Hydraulikventile (120, 122), um Flüssigkeits-Drucksignale gegen das Schaltventil (118) zu richten, um dadurch selektiv die Anordnung des Schaltventils (118) und damit die Verteilung der Betriebsflüssigkeit durch das Leitungsnetz zu steuern;

ein elektronisch gesteuertes Bandregelventil (110), das zusammen mit dem Schaltventil (118) angeordnet ist und das in der Lage ist, den Betrieb der Bandanordnungen (B1, B2) zu bewirken;

ein elektronisch gesteuertes Kupplungsregelventil (112), das zusammen mit dem Hydraulikventil (120) angeordnet ist und das in der Lage ist, den Betrieb der Kupplungsanordnungen (C1-C4) zu bewirken;

wenigstens einen Druckänderungsmagnetschalter (372), dessen Flüssigkeits-Ausgangssignal mit variablem Druck zu den Regelventilen (110, 112) gemultiplext wird, wobei das Flüssigkeits-Ausgangssignal des Magnetschalters (372) durch ein Programm gesteuert ist, das dem Ausgangssignal des Magnetschalters zwischen einem maximalen Ausgangspegel und einem niedrigeren Ausgangspegel ein Profil gibt; und

eine elektronische Steuerung (450) zum Umwandeln der daran angelegten Eingangssignale, die den Betriebszustand des Getriebes betreffen, durch ein Programm in Ausgangssignale, wobei die Ausgangssignale der elektronischen Steuerung den Zustand beider Regelventile (110, 112) so steuern, daß die Band- und Kupplungsanordnungen (C1-C4, B1, B2) während eines Getriebe-Gangwechsels unter dem programmierbar profilierten Ausgangssignal des Druckänderungsmagnetschalters (372) arbeiten und es danach ermöglichen, daß entweder der volle Leitungsdruck oder der maximale Ausgangspegel des Druckänderungsmagnetschalters vom Schaltventil (118) ausgeht, um eine redundante Kontrolle über die relative Bewegung der Elemente des Räderwerks zu erzielen, nachdem ein Gangwechsel erfolgt ist, um die Getriebekomponenten vor Schaden zu bewahren.

2. Steuersystem nach Anspruch 1, wobei die elektronische Steuerung (450) einen Mikrocomputer umfaßt, der mit einer programmierbaren Rampenfunktion für den Druckänderungsmagnetschalter (372) versehen ist, wobei die Rampenfunktion die

Schritte

- (a) des Einstellens eines vorgegebenen anfänglichen Ausgangsdrucks für den Druckänderungsmagnetschalter (372) auf der Basis des gegenwärtigen Motor-Drehmoments;
- (b) des Erzeugens einer Schaltzeit, über die ein Gangwechsel zu bewirken ist;
- (c) des Bestimmens der Zeit, die seit dem Abgeben des Schalt-Initiierungssignals von der elektronischen Steuereinrichtung (450) verstrichen ist;
- (d) des Ausbildens eines Zielpunktes, der vom Druckänderungsmagnetschalter (372) über die Schaltzeit zu erreichen ist;
- (e) des Feststellens, ob die Schaltzeit für den jeweiligen Schaltvorgang verstrichen ist;
- (f) falls bei (e) die Antwort NEIN ist, des stufenweisen Erhöehens des Ausgangsdrucks des Druckänderungsmagnetschalters (372);
- (g) des Feststellens, ob die Schaltzeit für den jeweiligen Schaltvorgang verstrichen ist;
- (h) falls bei (g) die Antwort NEIN ist, des Wiederholens der Schritte (f) und (g); und
- (i) falls bei (g) die Antwort JA ist, des Bringens des Druck-Ausgangssignals des Druckänderungsmagnetschalters (372) auf den Maximalwert und des Ändern des gegenwärtigen Zustands des jeweiligen elektrisch ansteuerbaren Regelventils (110, 112) umfaßt.

3. Steuersystem nach Anspruch 1, wobei die elektronische Steuerung (450) auf eine manuelle Modenwahl-Schalteinrichtung (462) zum Auswählen von einem von mehreren Betriebsmoden mit verschiedenen Schaltzonen reagiert.

4. Steuersystem nach Anspruch 1, wobei jedes elektrisch gesteuerte Regelventil (110, 112) ein Betätigungselement (402, 418) aufweist, das auf Ausgangssignale der elektronischen

Steuerung (450) reagiert.

5. Steuersystem nach Anspruch 1, wobei die Betriebsflüssigkeitsquelle (100) eine Einrichtung zum Vorgeben des von der Zuführquelle abgegebenen Flüssigkeitsdrucks aufweist.

6. Steuersystem nach Anspruch 2, wobei der im Schritt (d) bestimmte Zielpunkt dadurch erhalten wird, daß der Ausgangsdruck des Druckänderungsmagnetschalters (372) über zwei getrennte Perioden ein Profil erhält.

7. Steuersystem nach Anspruch 6, wobei die beiden Perioden zeitlich getrennt programmierbar sind.

8. Steuersystem nach Anspruch 1, mit einer Sperrkupplung (30) zum Verbinden der Eingangswelle (32) mit der Ausgangswelle (26), und mit einer Ventileinrichtung (126), die im Leitungsnetz angeordnet ist, um den Betrieb der Sperrkupplung in anderen als vorgewählten Übersetzungsverhältnissen zu verhindern.

9. Steuersystem nach Anspruch 1, mit einer Betriebseinrichtung (440), die zusammen mit dem Druckänderungsmagnetschalter (372) vorgesehen ist, um das Flüssigkeits-Ausgangssignal des Druckänderungsmagnetschalters zu dämpfen.

10. Steuersystem nach Anspruch 9, wobei die Betriebs-Dämpfungseinrichtung (440) nahe am Ausgang des Druckänderungsmagnetschalters (372) angeordnet ist.

FIG-3

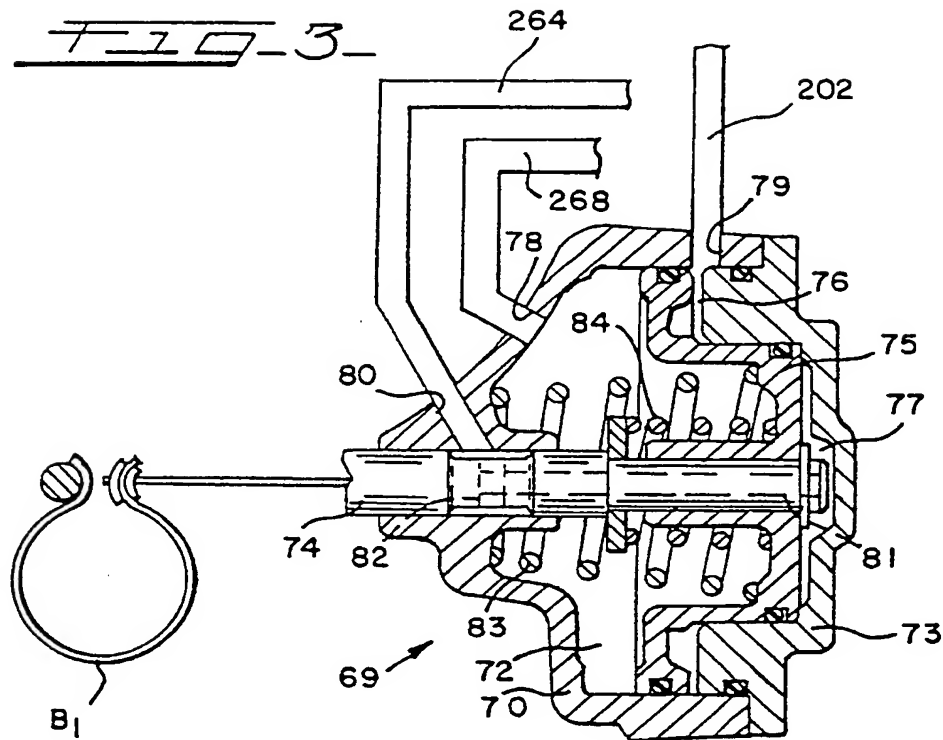
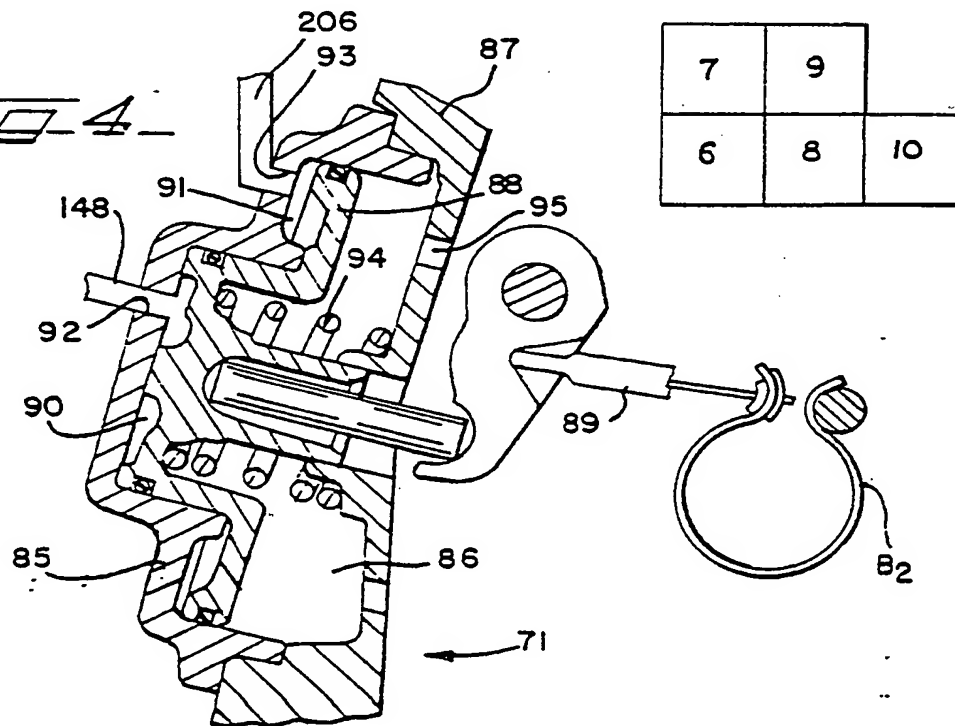


FIG-5

FIG-4



7	9	
6	8	10

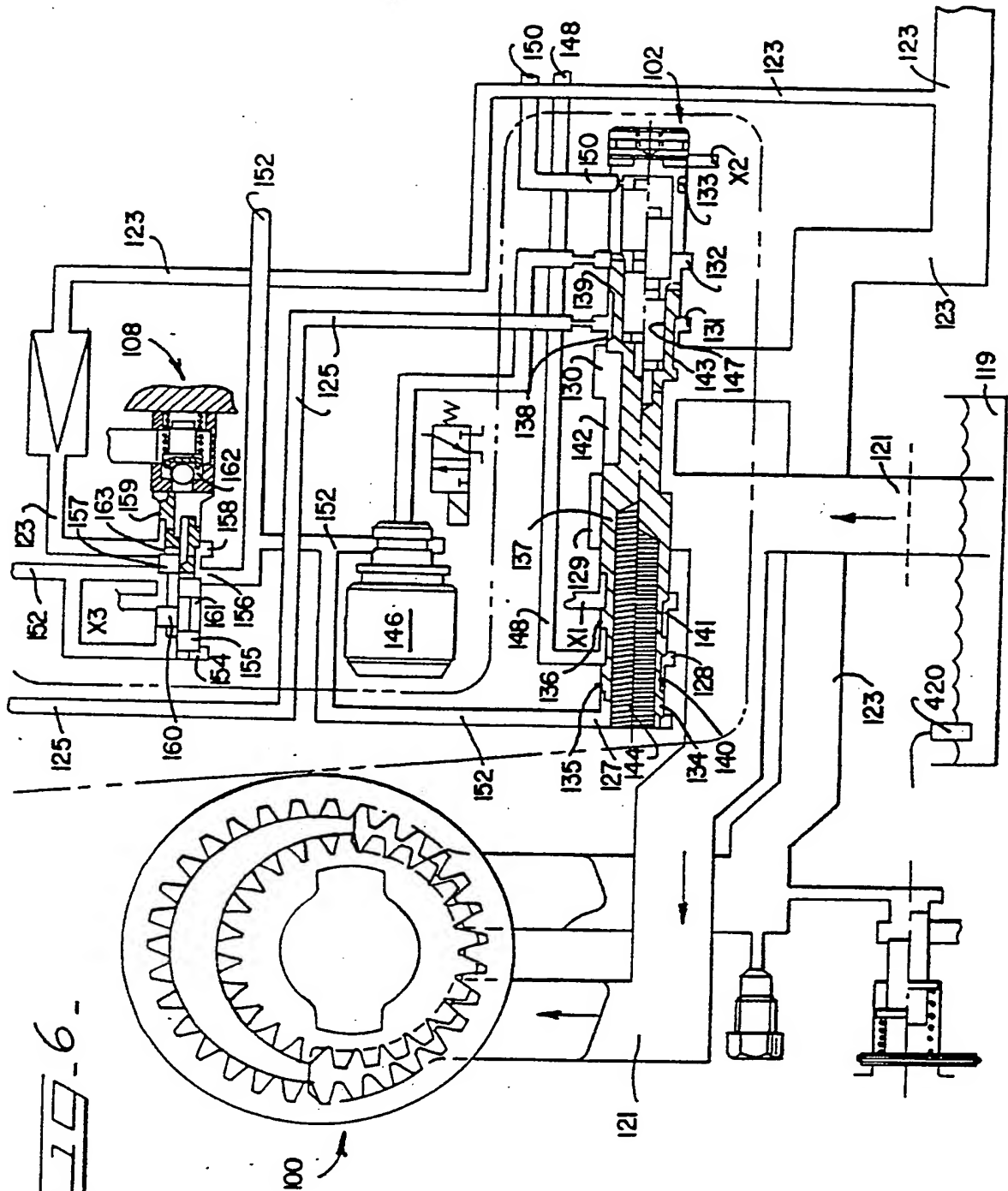
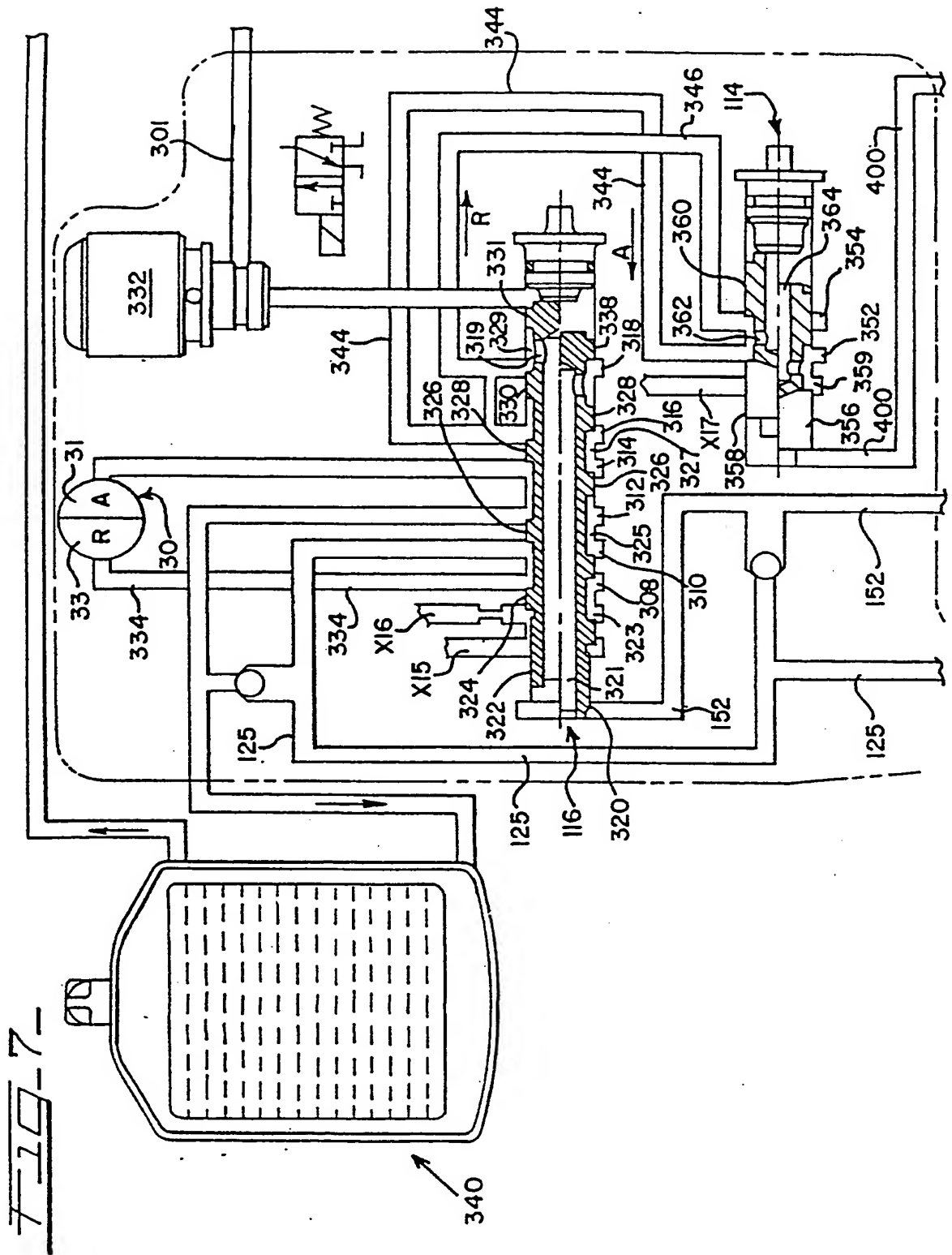
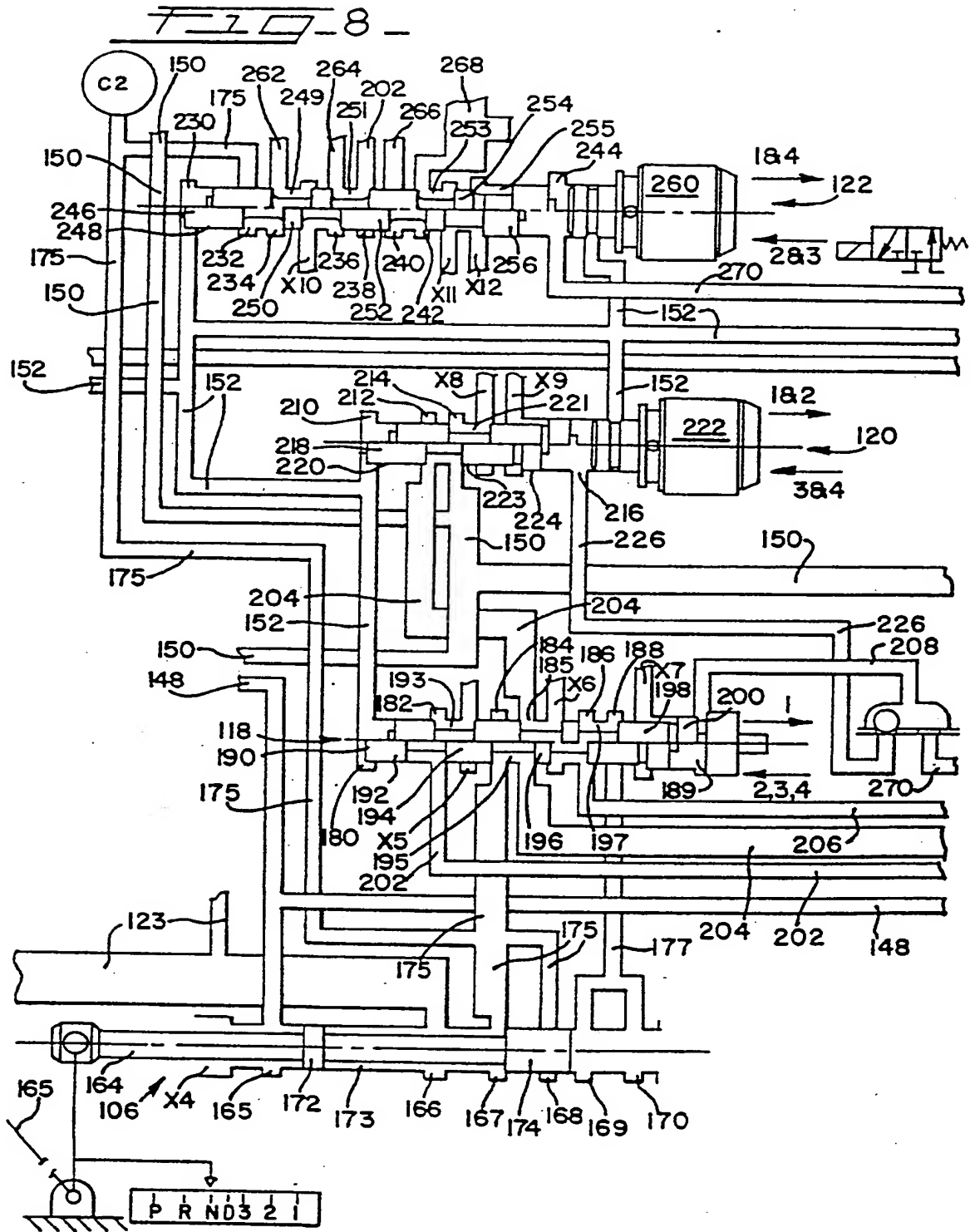


FIG. 6.



5/12



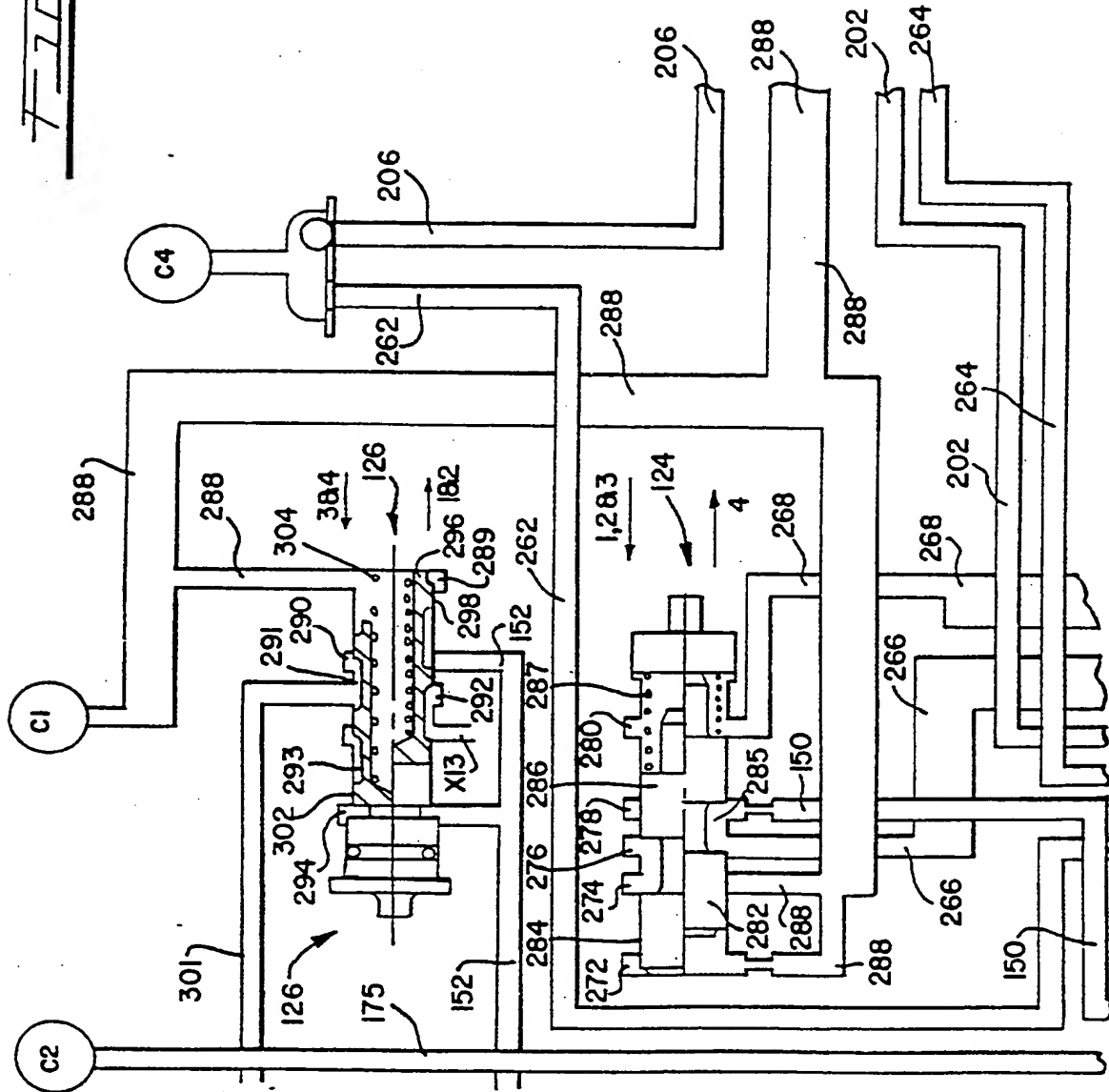
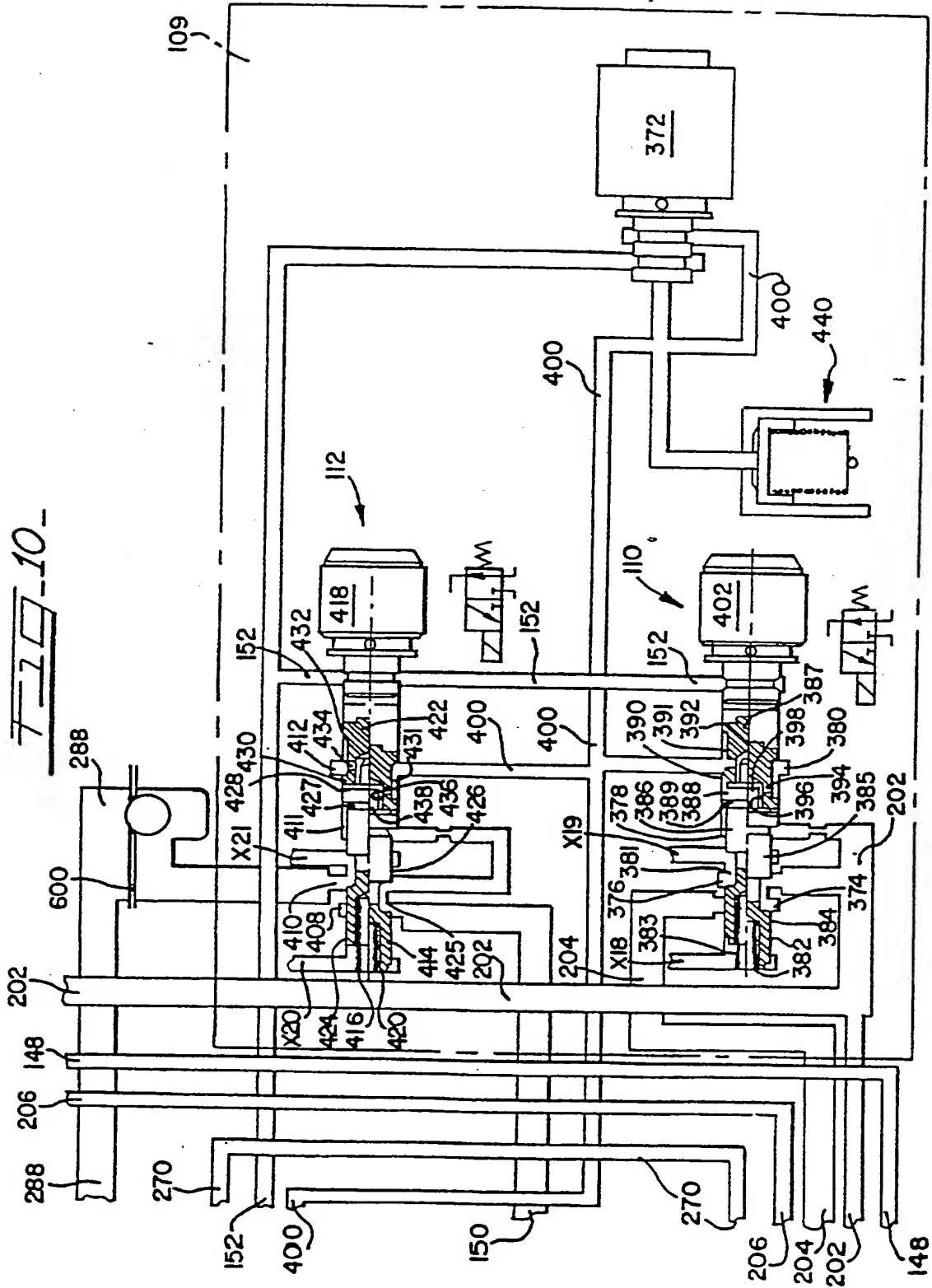
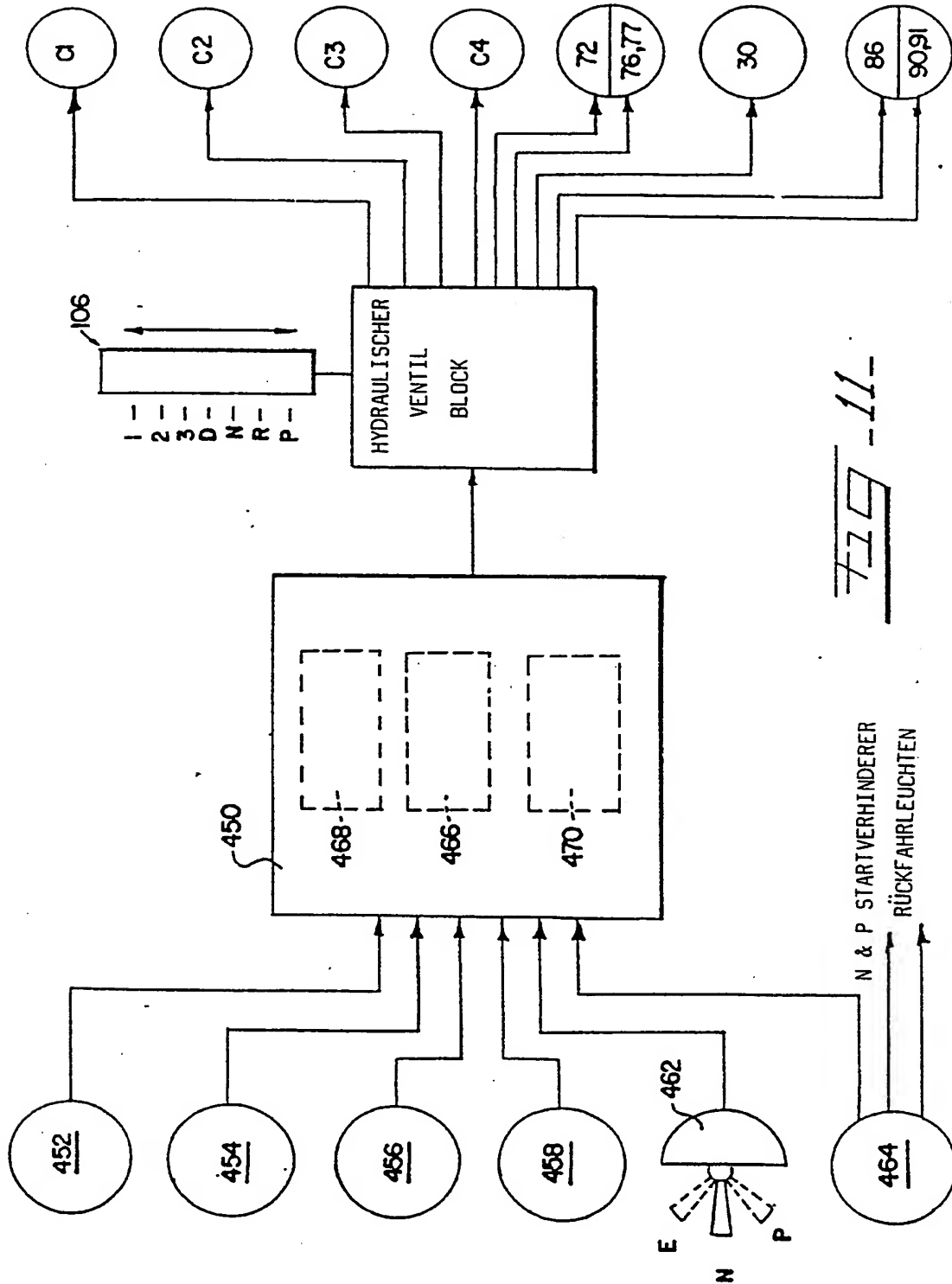


FIG. 10

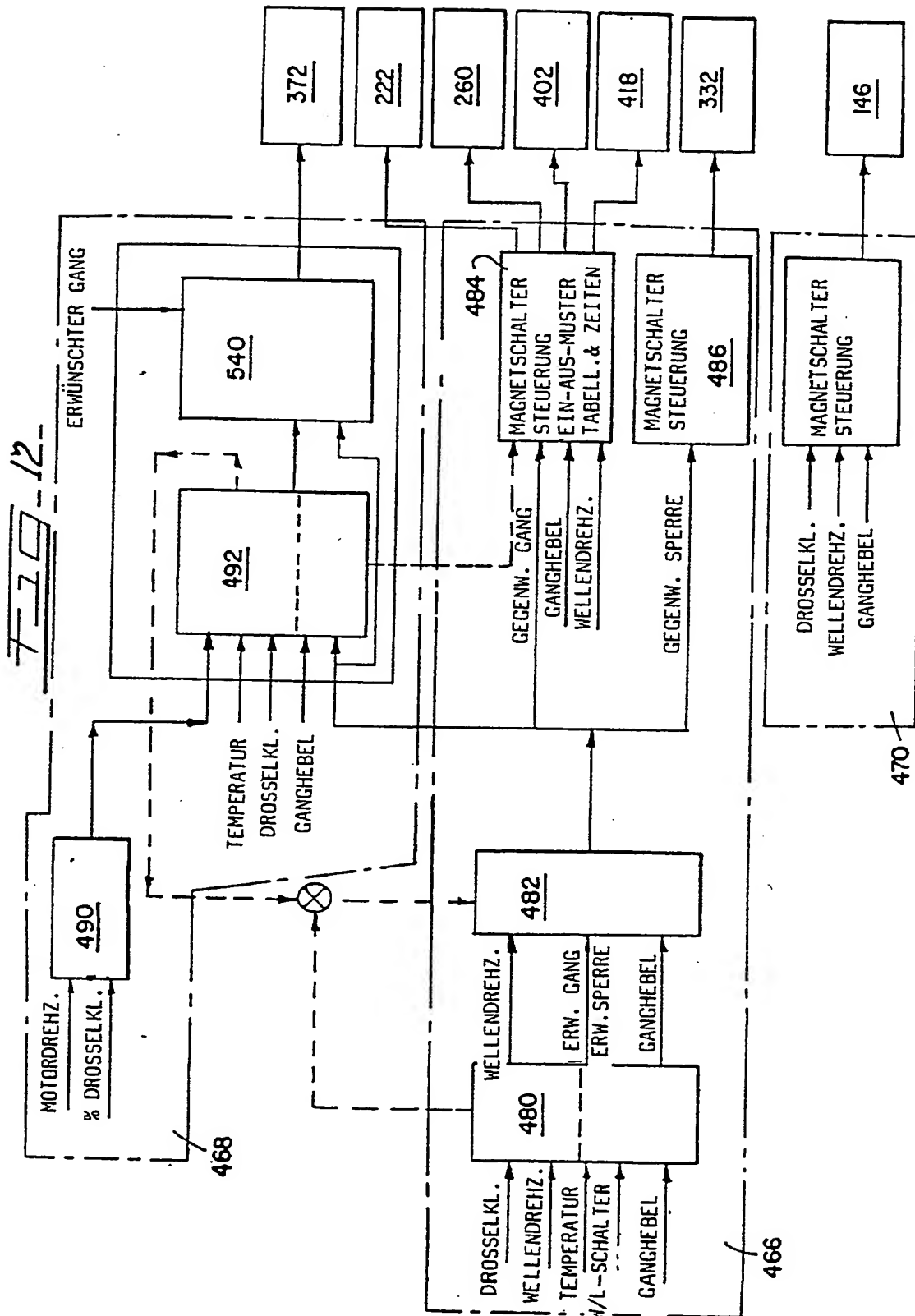


8/12



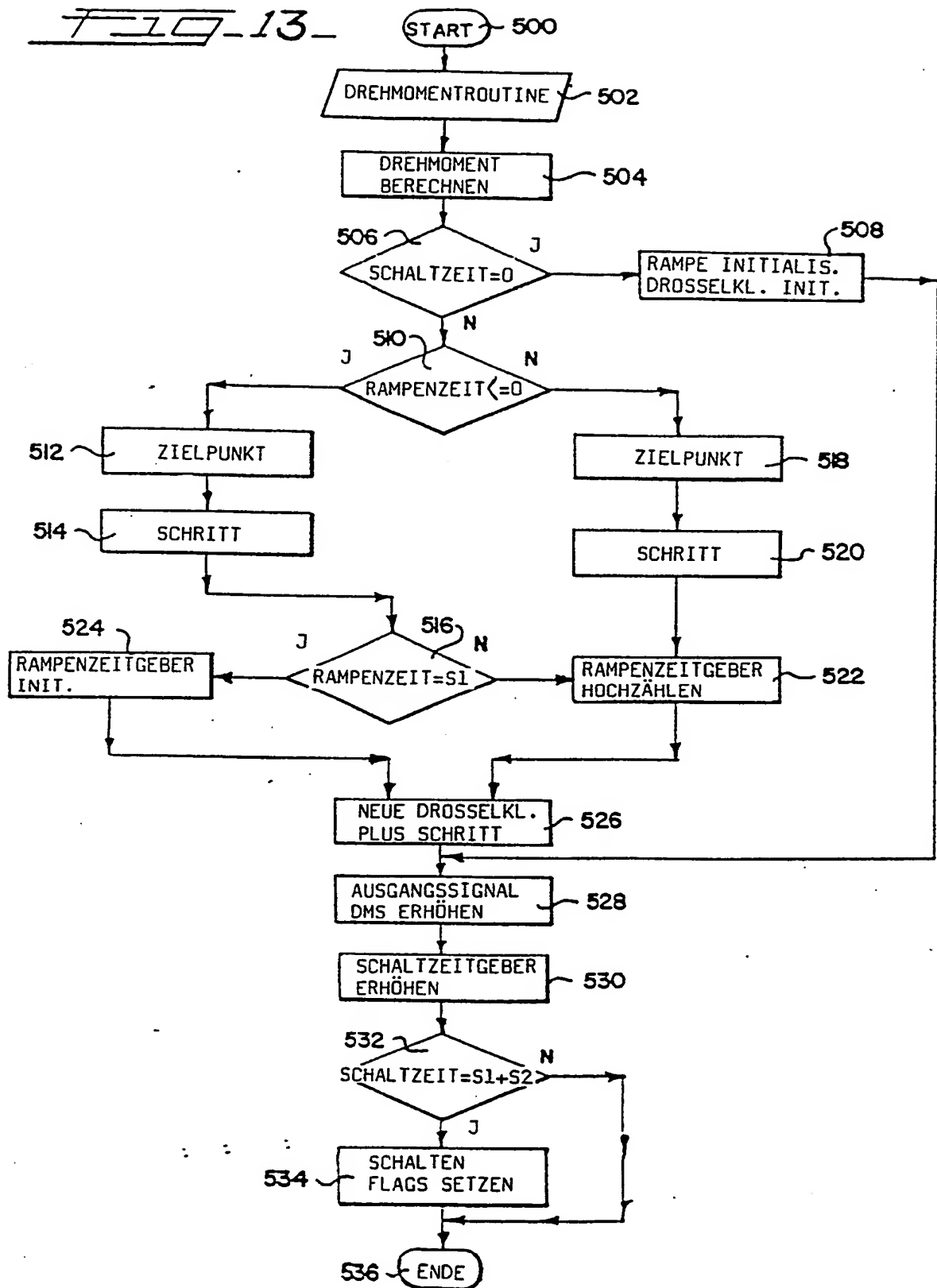
729-11-

9/12



10/12

FIG-13-



10/12

FIG-15

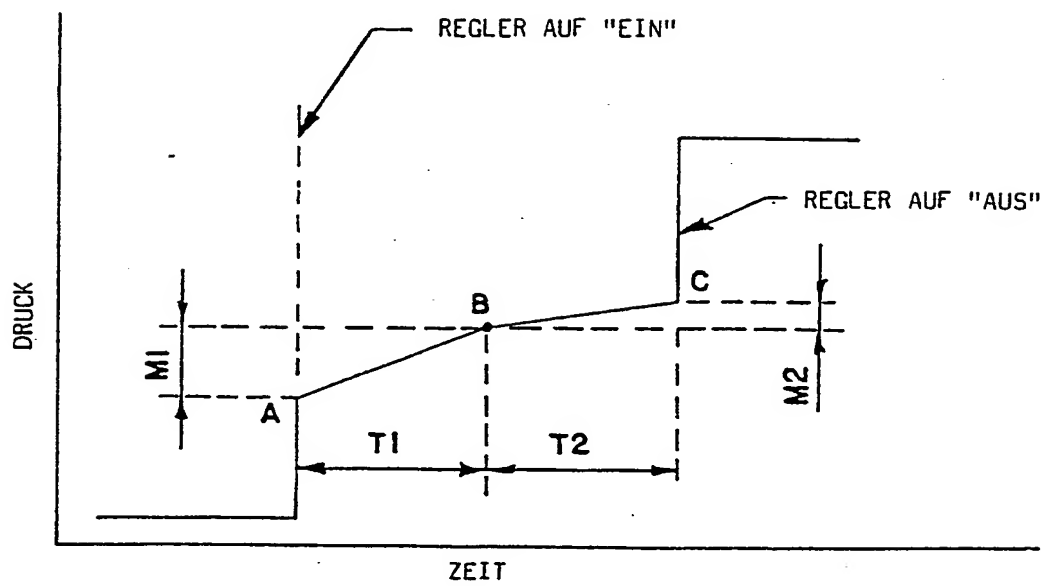
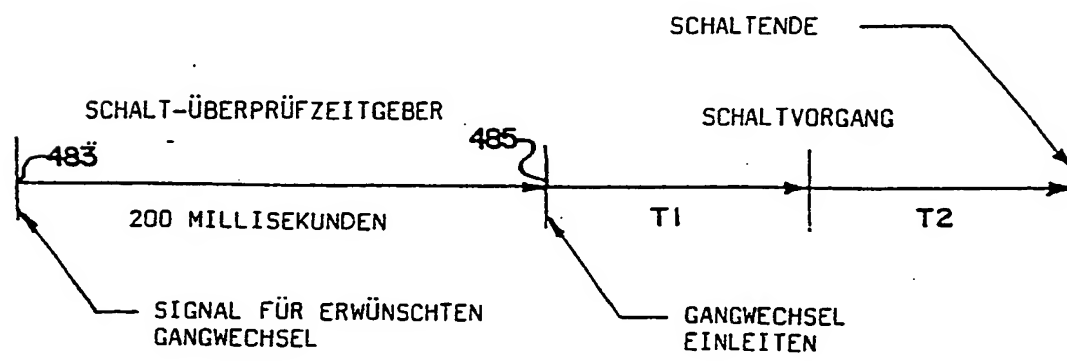


FIG-14



11/02

F 10-16-

